

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**



FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

“AUDITORÍA DEL MANTENIMIENTO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA

ALAO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA RIOBAMBA S.A., LINEAMIENTOS

MEJORATIVOS”

TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN TÍTULO DE INGENIERO DE

MANTENIMIENTO

LUIS FERNANDO LATA AZACATA

MARCO ANTONIO ZAVALA GAIBOR

RIOBAMBA – ECUADOR

2009

C E R T I F I C A D O D E A P R O B A C I Ó N D E T E S I S

C O N S E J O D I R E C T I V O

12 de Junio del 2009

Fecha

Yo recomiendo que la tesis preparada por:

L U I S F E R N A N D O L A T A A Z A C A T A

M A R C O A N T O N I O Z A V A L A G A I B O R

Nombres de los Estudiantes

**Titulada: "AUDITORÍA DEL MANTENIMIENTO EN LA CENTRAL
HIDROELÉCTRICA ALAO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA RIOBAMBA
S.A., LINEAMIENTOS MEJORATIVOS".**

Sea aceptada como parcial complementación de los requisitos para el grado de:

I N G E N I E R O D E M A N T E N I M I E N T O .

f) Decano de la Facultad de Mecánica

Yo coincido con esta recomendación:

f) Director de Tesis

Los miembros del comité de Examinación coincidimos con esta recomendación:

f) Asesor de Tesis

C E R T I F I C A D O D E E X A M I N A C I Ó N D E T E S I S

N o m b r e d e l e s t u d i a n t e : **L U I S F E R N A N D O L A T A A Z A C A T A**
M A R C O A N T O N I O Z A V A L A G A I B O R

T Í T U L O D E L A T E S I S : “ A U D I T O R Í A D E L M A N T E N I M I E N T O E N L A
C E N T R A L H I D R O E L É C T R I C A A L A O D E L A E M P R E S A E L É C T R I C A
R I O B A M B A S . A . , L I N E A M I E N T O S M E J O R A T I V O S ”

F e c h a d e E x a m i n a c i ó n : 12 de Junio del 2009

R E S U L T A D O D E L A E X A M I N A C I Ó N

C O M I T É D E E X A M I N A C I Ó N	A p r u e b a	N o a p r u e b a	F i r m a
Ing. Patricia Núñez .			
Dr. José Granizo			
Ing. César Astudillo			

Más que un voto de no aprobación es condición suficiente para la falla total.

R E C O M E N D A C I O N E S :

El presidente de tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de defensa se ha cumplido.

f) Presidente del Tribunal

A G R A D E C I M I E N T O

Los autores dejan constancia de gratitud y eterno agradecimiento:

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería de Mantenimiento en las personas del Dr. José Granizo, Ing. César Astudillo, Ing. Patricia Núñez y todos aquellos profesores que nos supieron formar profesionalmente.

A la Empresa Eléctrica Riobamba S. A., en las personas del Ing. Gonzalo Vélez, Ing. Johnny Vizuite, Ing. Ludwing Loza, Ing. Víctor Loya y demás colaboradores del departamento de Operación y Mantenimiento.

Quienes supieron brindarnos su apoyo, cooperación y conocimientos para cumplir los objetivos establecidos para esta Tesis de Grado, y a todas las personas que de una u otra manera prestaron su valiosa colaboración para el desarrollo de este trabajo.

Y como no agradecer a nuestros padres y hermanos por su apoyo y colaboración incondicional para guiarnos y forjarnos en nuestra formación profesional.

DEDICATORIA

A Dios sobre todas las cosas.

A mis padres Mercedes y Luis
Oswaldo por darme la vida, por su
comprensión, amor, apoyo, sacrificio
y motivación.

A mis hermanos Catalina Mercedes,
Dennys Fabriccio y Oswaldo Patricio
quienes fueron mi aliento e
inspiración.

A mis familiares y amigos.

A todos quienes fueron guía y
motivación para superar los límites,
vencer los obstáculos para que este
sueño se haga realidad.

Luis Fernando

Quiero dedicar este trabajo que es de
gran importancia para mí, para mis
padres Antonio y Lucrecia, mis
hermanos Mariana, Armando y
Cecilia que me motivaron y me
apoyaron siempre y en cada
momento para seguir adelante, los
dedico de todo corazón.

De igual forma A toda mi familia y
amigos que de una u otra forma
fueron mi apoyo constante y me
enseñaron el verdadero valor de la
vida.

Marco Antonio

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO

PÁGINA

I GENERALIDADES

1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación	3
1.3	Objetivos	4
1.4.1	Objetivo general	4
1.4.2	Objetivos específicos	4

II MARCO CONCEPTUAL

2.1	Auditoría evaluativa del Mantenimiento	6
2.1.1	Características de la Auditoría	6
2.1.2	Parámetros	7
2.1.2.1	Indicadores del Mantenimiento	7
2.1.2.2	Diagramas Entrada Proceso Salida	14
2.1.2.3	Análisis de Criticidad	14
2.1.2.4	Cuestionario Auditorio	16
2.1.2.5	Estilo de Gestión	17
2.2	Estudio Teórico Descriptivo de la Central Hidroeléctrica Alao	20
2.2.1	Historia	20
2.2.2	Ubicación	21
2.2.3	Descripción y características	21
2.2.4	Caudal	23
2.2.5	Salto	24
2.2.6	Potencia	24

2.2.7	Turbinas	25
2.2.7.1	Tipo de turbina	26
2.3	Áreas de la Central Hidroeléctrica Alao	27
2.3.1	Bocatoma	27
2.3.2	Desarenador	28
2.3.3	Canales de conducción	30
2.3.4	Tanque de presión	31
2.3.5	Tubería de presión	32
2.3.6	Central de generación	33
2.3.7	Subestación	39
2.4	Mantenimiento actual de la central	41
2.4.1	Mantenimiento preventivo	41
2.4.2	Mantenimiento correctivo	41
2.4.3	Clasificación de las interrupciones	42
2.4.4	Organización y funciones del personal de mantenimiento	42
2.4.5	Grupo de trabajo	43
2.4.6	Manual de funciones	45

III AUDITORÍA EVALUATIVA DEL MANTENIMIENTO

3.1	Diagramas EPS	54
3.2	Determinación del estado actual	58
3.3	Análisis de criticidad	65
3.4	Indicadores de Gestión del Mantenimiento	66
3.4.1	Fiabilidad Práctica	67
3.4.1.1	Inspección visual	67
3.4.1.2	Pruebas y mediciones	68
3.4.1.3	Edad	69
3.4.1.4	Medio ambiente	69
3.4.1.5	Ciclo de trabajo	70
3.4.2	Fiabilidad Estadística	71
3.4.2.1	Parámetro de forma	72
3.4.2.2	Tiempo medio de buen funcionamiento	74
3.4.3	Tasa de fallos	76
3.4.4	Mantenibilidad	77
3.4.5	Disponibilidad	78
3.4.6	Costos	79
3.4.6.1	Costos de mantenimiento por facturación	79

3.4.6.2 Costos de mantenimiento por el valor de reposición 80

3.5	Cuestiones de Autoanálisis	81
3.5.1	Estadística descriptiva	84
3.6	Análisis del Estilo de Gestión	86

IV LINEAMIENTOS MEJORATIVOS

4.1	Identificación de las líneas de mejora	90
4.2	Definición del problema	90
4.3	Análisis DAFO en Mantenimiento	93
4.4	Plan de acción	95
4.5	Propuesta de implantación de una nueva filosofía de mantenimiento 104	
4.5.1	Mantenimiento centrado en la confiabilidad	104
4.5.2	Fases de implantación del M C C	105
4.5.3	Selección del sistema	106
4.5.4	Funciones y estándares de ejecución	106
4.5.5	Funciones primarias	107
4.5.6	Funciones secundarias	107
4.5.7	Funciones de protección	108
4.5.8	Funciones de control	109
4.5.9	Funciones subsidiarias	109
4.5.10	Estándares de ejecución	109
4.5.11	Fallas funcionales asociada a cada función del activo 110	
4.5.12	Definición de falla funcional	111
4.5.13	Nivel de identificación de los modos de fallas	111
4.5.14	Consecuencias de los modos de fallas	111
4.5.15	Selección de actividades de mantenimiento	112
4.5.16	Aplicación del M C C	113

V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	116
5.2	Recomendaciones	119

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

121

BIBLIOGRAFÍA

122

LINKOGRAFÍA

123

ANEXOS

124

LISTA DE TABLAS

TABLA		PÁGINA
I	PRUEBAS Y MEDICIONES	12
II	EDAD	12
III	MEDIO AMBIENTE	13
IV	CICLO DE TRABAJO	
	13
V	ANÁLISIS DE CRITICIDAD	
	15
VI	CENTRALES Y SU RANGO DE POTENCIA	23
VII	CARACTERÍSTICAS DE LA CENTRAL ALAO	34
VIII	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA TURBINA	35
IX	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS GENERADORES	36
X	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA EXCITATRIZ	37
XI	ESTADO ACTUAL DEL CUARTO DE MÁQUINAS	58
XII	ESTADO ACTUAL DEL GRUPO DE GENERACIÓN #1	58
XIII	ESTADO ACTUAL DEL GRUPO DE GENERACIÓN #2	59
XIV	ESTADO ACTUAL DEL GRUPO DE GENERACIÓN #3	60
XV	ESTADO ACTUAL DEL GRUPO DE GENERACIÓN #4	61

XVI	ESTADO ACTUAL DE LA SALA DE COMPRESORES	61
XVII	ESTADO ACTUAL DEL TRANSFORMADOR GRUPO #1	62
XVIII	ESTADO ACTUAL DEL TRANSFORMADOR GRUPO #2	62
XIX	ESTADO ACTUAL DEL TRANSFORMADOR GRUPO #3	63
XX	ESTADO ACTUAL DEL TRANSFORMADOR GRUPO #4	64
XXI	TIPO DE SERVICIO DE ACUERDO A SU ESTADO TÉCNICO	64
XXII	RESULTADOS DE LA FIABILIDAD PRÁCTICA	71
XXIII	VIDA CARACTERÍSTICA Y PARÁMETRO DE FORMA	72
XXIV	TIEMPO DE BUEN FUNCIONAMIENTO DE LOS GRUPOS	75
XXV	FIABILIDAD DE LOS GRUPOS GENERADORES	76
XXVI	TASA DE FALLAS DE LOS GRUPOS HIDROELÉCTRICOS	77
XXVII	MANTENIBILIDAD DE LOS GRUPOS	78
XXVIII	DISPONIBILIDAD DE LOS GRUPOS GENERADORES	79
XXIX	COSTOS DE MANTENIMIENTO POR FACTURACIÓN	80
XXX	COSTO DE MANTENIMIENTO POR VALOR DE REPOSICIÓN	81
XXXI	RESULTADOS DE JEFE DE ÁREA	83
XXXII	RESULTADOS DE JEFE DE MANTENIMIENTO	83
XXXIII	RESULTADOS DE ASISTENTE DE INGENIERÍA	84
XXXIV	RESULTADOS DE OPERADORES	84
XXXV	PUNTOS DE INTEGRACIÓN Y PERMISIVIDAD	87
XXXVI	RESULTADOS DE CUESTIONARIO DE TIPO DE GESTIÓN	88
XXXVII	DAFO COMPRA Y LOGÍSTICA DE REPUESTOS Y EQUIPOS	94
XXXVIII	DAFO HERRAMIENTAS Y MEDIOS DE PRUEBA	94
XXXIX	DAFO SISTEMAS INFORMÁTICOS	95
XXXX	APLICACIÓN DEL MCC	114

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1 DIAGRAMA ENTRADA PROCESO SALIDA	14
2 DETERMINACIÓN DEL ESTILO DE GESTIÓN	18
3 DEFINICIÓN DEL ESTILO DE GESTIÓN	19
4 CENTRAL HIDROELÉCTRICA ALAO	20
5 ÁREAS DE LA CENTRAL	22
6 RANGO DE APLICACIÓN DE LAS TURBINAS HIDROELÉCTRICAS	26
7 BOCATOMA DEL RÍO ALAO	28
8 DESARENADOR	29
9 ANTENA DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA	29
10 CANALIZACIÓN EMBAULADA	30
11 CANALIZACIÓN ABIERTA	31
12 TANQUE DE PRESIÓN	32
13 TUBERÍA DE PRESIÓN	33
14 VÁLVULAS DE ENTRADA	35
15 EXCITATRIZ	38
16 REGULADOR DE VELOCIDAD	38
17 SALA DE MANDO	39
18 SUBESTACIÓN #13 ALAO	40
19 ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO PLANIFICADO	41
20 ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL DEL DEPARTAMENTO	43
21 DIAGRAMA EPS DE LA BOCATOMA	54
22 DIAGRAMA EPS DEL DESARENADOR	55

23	DIAGRAMA EPS DE CANALES DE CONDUCCIÓN	55
24	DIAGRAMA EPS DEL TANQUE DE PRESIÓN	56
25	DIAGRAMA EPS DE LA TUBERÍA DE PRESIÓN	56
26	DIAGRAMA EPS DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA	57
27	DIAGRAMA EPS DE LA SUBESTACIÓN	57
28	GRUPO #1 DE GENERACIÓN	68
29	INSTRUMENTAL DE PROTECCIÓN	68
30	BORNES DE SALIDA DEL GENERADOR	69
31	LIMPIEZA DE DUCTOS	70
32	GRUPO GENERADOR #4	70
33	CURVA DE DAVIES	73
34	TIEMPO DE BUEN FUNCIONAMIENTO	75
35	FIABILIDAD	76
36	TASA DE FALLOS	77
37	MANTENIBILIDAD	78
38	DISPONIBILIDAD	79
39	COSTO DE MANTENIMIENTO POR FACTURACIÓN	80
40	COSTO DE MANTENIMIENTO POR EL VALOR DE REPOSICIÓN	82
41	RESULTADO DE ENCUESTA JEFE DE ÁREA	85
42	RESULTADO DE ENCUESTA JEFE DE MANTENIMIENTO	86
43	RESULTADO DE ENCUESTA ASISTENTE DE INGENIERÍA	86
44	RESULTADO DE ENCUESTA OPERADORES	87
45	RESULTADO GRÁFICO DE ESTILO DE GESTIÓN	89
46	RESULTADO TOTAL DE ENCUESTA	91
47	OBJETIVOS DEL ANÁLISIS DAFO	93

48	FASES DE IMPLANTACIÓN DEL MCC	106
49	CONSECUENCIAS DE FALLAS FUNCIONALES	112
50	SELECCIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	113

S U M A R I O

Se ha desarrollado una Auditoria del Mantenimiento de la Central Hidroeléctrica "Alao" y propuestas de Lineamientos Mejorativos en la Empresa Eléctrica Riobamba S.A, con la finalidad de conocer el estado actual del Mantenimiento y la eficiencia del mismo, realizado en los últimos cuatro años aplicando filosofías del mantenimiento moderno.

Para el desarrollo de la Auditoria Evaluativa del Mantenimiento se obtuvo datos de los libros de generación diaria que reposan en Despacho de carga, se aplicó Indicadores de Gestión de Mantenimiento, determinándose análisis de criticidad de las diferentes áreas, estado actual del mantenimiento, funciones que cumple el personal, cuestionario auditorio aplicado al personal y un Análisis del estilo de gestión, proponiéndose lineamientos de mejora donde se define el problema y el plan de acción que se debería ejecutar para cada equipo de las diferentes áreas que involucra la generación de energía hidroeléctrica.

Con los resultados obtenidos se determinó que la Central Hidroeléctrica "Alao" es altamente mantenible presenta una disponibilidad del 93% y una probabilidad de trabajo sin fallo de 86%, según el parámetro de forma β de la ley de Weibull nos indica que se encuentra en una fase de desgaste por haber rebasado su periodo de vida útil. Determinándose también fortalezas y debilidades obtenidas del cuestionario auditorio

Como uno de los lineamientos mejorativos se recomienda la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad que permite saber: los diversos tipos de funciones del activo, las maneras en que puede fallar, las causas y consecuencias de las fallas y que se puede hacer para prevenirlas.

S U M M A R Y

An Audit of the Maintenance of the Central Hydroelectric "ALAO" and a proposal of some improvement guides in the "Empresa Eléctrica Riobamba S.A.". Has been developed with the purpose of knowing the real situation about its maintenance and efficiency in the last four years, applying modern maintenance philosophies.

For developing this Audit, some data from the daily books, which are in the load department, were obtained, some management of Maintenance, determining criticism analysis in the different areas, actual maintenance situation, function of the personnel, some surveys were applied to the employees and an analysis of the style of management, proposing patterns to solve the problems and for applying an action plan that should execute each equipment in the different areas that involves the hydroelectric energy generation.

With the obtained results, it was determined that the Central Hidroeléctrica "Alao", is highly supported and presents an availability of 93% and a probability of failing work of 86% according to the parameter of shape β of Weibull's law which shows up that it is in the erosion stage due to its lasting life. It could lead also to determine the strengths.

As one of the patterns for improving the maintenance its recommender the implementing of a Maintenance bases on trusty that will let to know the diverse types of the active functions, the possible ways with may to fail, the causes and the effects due to sails and what can be done in order to prevent them.

C A P I T U L O I

G E N E R A L I D A D E S

1.1 A N T E C E D E N T E S

La humanidad continúa dependiendo cada día más de la riqueza generada por los negocios altamente mecanizados y automatizados. También dependemos más y más de servicios como la generación ininterrumpida de electricidad. Más que nunca, esto depende a su vez de la continua integridad de los activos físicos.

Cuando estos activos fallan, no sólo se desmejora su capacidad de generar riquezas ni sólo se interrumpen los servicios, sino que nuestra propia supervivencia se ve amenazada. La falla de equipos ha sido una causa fundamental en algunos de los peores accidentes e incidentes ambientales en la historia de la industria.

Nuestro país muestra gran interés en el desarrollo descentralizado de pequeñas, medianas y grandes centrales para la generación de la hidroelectricidad y es así que se empezara con la creación de grandes centrales como la del proyecto Sopladora con sus 400 MW, Mazar con 160 MW y Coca Codo Sinclair con 1500 MW. Con el fin de preservar nuestros recursos no renovables (Petróleo).

En el Ecuador contamos con una potencia de generación de: Energía hidráulica con 1978,75 MW que representa un 49 %, Energía Térmica con 1612,5 MW que representa el 41 % y compra a Colombia y Perú 390 MW que representa el 10 %.

En el país funcionan: 74 centrales eléctricas, 33 centrales hidráulicas, 18 centrales a vapor, 13 centrales turbo gas y 10 centrales a diesel. Se necesita de una demanda máxima en hora pico (entre las 19h00 y las 21h30) de 1917 MW, según el CENACE¹.

La misión de la Empresa Eléctrica Riobamba S. A., es ser una empresa líder del sector eléctrico, competitiva, de alta productividad; gracias a su gestión transparente, capacidad y compromiso de su talento humano, con tecnología de punta; y, responsabilidad social; y con una visión de generar, distribuir y comercializar energía eléctrica, para satisfacer y superar las demandas de sus clientes, promoviendo la protección del medio ambiente, contribuyendo al desarrollo socio-económico de la Provincia del Chimborazo.

La presente tesis de grado se desarrolló en la Central Hidroeléctrica Alao en la que se realiza una auditoría del mantenimiento, la misma que es un instrumento de seguimiento que colabora en la toma de decisiones, gestión y control del mantenimiento.

¹ CENACE.- Centro Nacional de Control de Energía

En forma general, las auditorías permiten conocer la situación del mantenimiento, establecer y priorizar las necesidades y sus medidas correctivas.

Los beneficios que tenemos al realizar una auditoría son:

- Evaluar la gestión del mantenimiento.
- Disminuir costos de mantenimiento.
- Minimiza problemas actuales y futuros de prevención.
- Identificar ahorros potenciales.
- Racionalizar los recursos disponibles.
- Conocer el estado del equipo.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Los costos de Mantenimiento y Operación de Centrales de Generación han estado subiendo constantemente de forma rápida en los últimos años. Un mantenimiento bien planificado busca asegurar el servicio de las centrales de una manera continua, segura y compatible con el medio ambiente. Con el paso del tiempo y creación de nueva tecnología se ha creado herramientas computacionales y filosofías que nos permiten un mejor uso de los recursos del Mantenimiento.

La Empresa Eléctrica Riobamba S. A., no sólo es una compañía distribuidora sino también generadora de energía eléctrica, por lo que aprovecha el recurso

hídrico de la provincia para generar el suministro de energía para Riobamba y todos los cantones de la provincia de Chimborazo. La Central Hidroeléctrica Alao tiene cuatro grupos de generación y produce 10,4 MW, por lo que se constituye la más importante planta de generación de energía, aprovechando el recurso hídrico de la provincia.

Por lo tanto la Dirección de Operación y Mantenimiento de la Empresa Eléctrica Riobamba S. A., con la finalidad de verificar el estado del mantenimiento de la central hidroeléctrica Alao, ha permitido realizar una Auditoría de la Gestión del Mantenimiento que se aplica en la empresa.

Esta auditoría que culminó a mediados del año 2008 a permitido detectar las anomalías y puntos débiles del sistema de mantenimiento aplicado, sugerir el mejoramiento del modelo, mejorar la planificación del mantenimiento con la finalidad de prolongar la vida útil de los grupos generadores aplicando nuevas técnicas de mantenimiento haciéndolo más eficaz, armonioso y exitoso.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar la auditoría del mantenimiento a la central hidroeléctrica Alao de la Empresa Eléctrica Riobamba S. A., y proponer lineamientos mejorativos.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir la característica y proceso de la Auditoría del Mantenimiento.
- Describir el proceso de generación, áreas y equipos de la Central Hidroeléctrica Alao.
- Determinar el estado actual del mantenimiento aplicado, como su organización y funciones del personal de mantenimiento.
- Aplicar el Proceso Auditorio para evaluar el sistema de mantenimiento.
- Representar los resultados de forma teórica, numérica y gráfica.
- Implementar un lineamiento mejorativo para corregir las deficiencias y fallos del sistema actual de mantenimiento.

CAPÍTULO II

MARCO CONCEPTUAL

2.1 AUDITORIA EVALUATIVA DEL MANTENIMIENTO

2.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA AUDITORÍA [1]

La Auditoría según el diccionario de RAE (Real Academia Española) es una revisión sistemática de una actividad o de una situación para evaluar el cumplimiento de las reglas o criterios objetivos a que aquellas deben someterse.

Las auditorías del mantenimiento son procesos llevados a cabo de manera voluntaria, que permiten conocer el estado de la maquinaria, la situación del mantenimiento, establecer y priorizar las necesidades y sus medidas correctivas.

Los beneficios que tenemos al realizar una auditoría son:

- Evalúa la gestión del mantenimiento.
- Progresiva disminución de costos.
- Minimiza problemas actuales y futuros de prevención.
- Identificar ahorros potenciales.
- Racionaliza los recursos disponibles.

- Conoce el estado del equipo.

2.1.2 PARÁMETROS

Básicamente para el análisis de una auditoría de mantenimiento debe existir un proceso ordenado y puntual para lograr los objetivos planteados.

Se realiza primeramente un estudio de la empresa, planta, maquinaria o equipo a estudiar, se determina una breve reseña histórica, determinación del estado actual, estudio de áreas, componentes y/o equipos, visualización del contexto operacional, organización y funciones del grupo de trabajo, estudio estadístico de los indicadores de clase mundial, aplicación del cuestionario a las diferentes área involucradas, recolección de datos, evaluación, interpretación, representación de resultados y la implementación de lineamientos mejorativos del sistema de mantenimiento.

2.1.2.1 INDICADORES DEL MANTENIMIENTO

Debemos ser conscientes de que sólo podemos mejorar de forma objetiva aquello que se pueda medir. Por tanto, cualquier responsable técnico que afronte un proceso de mejora serio y riguroso, debe plantearse profundamente la necesidad de medir en qué situación se encuentra ahora y cuál va a ser la forma de medir el éxito o fracaso de las nuevas medidas adoptadas. Los indicadores básicos, con los cuales puede tener la certeza de que el método y sistema de medida del servicio de mantenimiento son adecuados, son los cuatro conocidos:

Fiabilidad Estadística

La fiabilidad es la probabilidad de que una máquina, sistema, componente; dado ejecute satisfactoriamente su función asignada durante su vida propuesta bajo condiciones de operación especificadas. Por lo tanto, la fiabilidad está relacionada con la probabilidad de funcionamiento eficaz.

$$R(t) = e^{\left(\frac{t-t_0}{\alpha}\right)^\beta} \quad [1]$$

β = *parámetro de forma*

α = *parámetro de escala*

t = *tiempo de fallo*

t_0 = *tiempo de inicio*

Disponibilidad

La disponibilidad es el tiempo que el sistema o equipo está útil (disponible) para producción. El tiempo que está fuera de servicio (indisponible) debe contemplar toda paralización por mantenimiento correctivo o preventivo, desde el momento en que queda fuera de servicio hasta que se devuelve a entregar operativo a Producción o Explotación.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{tiempo total} - \text{tiempo fuera de servicio}}{\text{tiempo total}} \quad [2]$$

Mantenibilidad

Desde el punto de vista matemático relacionado con la fiabilidad, se define a la mantenibilidad como la probabilidad de que un sistema averiado sea devuelto a sus condiciones operativas en un período de tiempo dado, basándose en acciones de mantenimiento ejecutadas de conformidad con procedimientos recomendados.

$$M(t) = 1 - e^{-(\mu \cdot t)^\gamma} \quad [3]$$

μ = tasa de reparación

γ = parámetro de forma

t = tiempo de reparación

Costos

El costo total del servicio de Mantenimiento será importante, pues a la postre es lo que la Empresa gasta o invierte en este servicio, por lo que para una gestión de costos es necesario saber los siguientes factores importantes:

$$CMFT = \frac{CTMN}{FTEP} * 100 \quad [4]$$

$CMFT$ = Costo de Mantenimiento por Facturación

$CTMN$ = Costo total de Mantenimiento

$FTEP$ = Facturación de la empresa de cada año

$$CMRP = \frac{\sum CTMN}{VLRP} * 100 \quad [5]$$

CMRP = Costo de mantenimiento por el valor de reposición

$\sum CTMN$ = Costo total acumulado en el mantenimiento

VLRP = Valor de reposición

Fiabilidad Práctica [2]

Es un indicador importante que debe determinar un Ingeniero de Mantenimiento que ayudará a crear métodos para análisis de averías, para lo cual se toma los siguientes aspectos:

Inspección visual.- Constituye el parámetro más importante para determinar la fiabilidad. Esta inspección visual debe ser desarrollada con técnicos especializados que conozcan el equipo que sepan inspeccionar y evaluar lo que observa. La frecuencia de la inspección visual está dada por:

- Recomendación del fabricante.
- Experiencia del operario.
- Edad del equipo.

La inspección visual podrá ejecutarse en circunstancias en que pueda observarse el equipo en las siguientes condiciones:

- Equipo sin operar.

- Equipo en operación con carga.
- Equipo desmantelado en forma total o parcial.

La inspección visual deberá ser evaluada sobre la base de los siguientes factores hasta completar los 40 puntos, que es el puntaje asignado a este parámetro de inspección visual, y contempla:

- | | | |
|---|--------|---|
| ➤ Toma de Fuerza o condiciones de puesta en servicio | —————→ | 10 pts |
| ➤ Conversión de energía y conversiones externas, luego de poner a funcionar el equipo | —————→ | 10 pts |
| ➤ Transmisión de poder o energía | —————→ | 10 pts |
| ➤ Cimentaciones, carcasa y soportes. | —————→ | 5 pts |
| ➤ Controles, sensores e instrumentación | —————→ | 5 pts |
| | | <hr style="width: 100px; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> |
| | | 40 pts |

Pruebas y mediciones.- Luego de la inspección visual, el parámetro que sigue en importancia es las pruebas y mediciones. Para su evaluación es necesario disponer de todo los instrumentos de medida. Entre las pruebas y mediciones que se debe efectuar a los equipos, tenemos:

- Temperatura
- Presión
- Velocidad
- Caudal
- Voltaje
- Intensidad

- Potencia
- Torque
- Análisis de aceite (viscosidad, partículas metálicas, etc.)
- Consumo de combustible

Su valoración se estima con el siguiente puntaje:

Tabla I.- Pruebas y mediciones

Condiciones	Puntaje
Normales	30
5% bajo o sobre el régimen	28
10% bajo o sobre el régimen	20
20% bajo o sobre el régimen	15
25% bajo o sobre el régimen	0

Fuente: "Fiabilidad de Maquinas" Ing. Zavala W.

Edad.- La edad del equipo tiene una incidencia indiscutible en la fiabilidad del mismo, a medida que el tiempo de vida aumenta el número de fallas se incrementa es decir existe la probabilidad de mayor trabajo con falla. El puntaje con el cual se podría calificar a un equipo de acuerdo a su edad será:

Tabla II.- Edad

Edad (años)	Puntaje
0 - 2	10
3 - 12	9
13 - 15	8
16 - 20	7
+ 20	6

Fuente: "Fiabilidad de Maquinas" Ing. Zavala W.

Medio ambiente.- El medio ambiente es otro de los parámetros que influyen en la probabilidad de que el equipo falle. Su valoración se estima para las siguientes condiciones:

Tabla III.- Medio Ambiente

Medio ambiente	Puntaje
Limpio y seco	10
Caliente sobre los 55° C	9
Húmedo	8
Mugre, Polvo	7
Vapor corrosivo	6

Fuente: "Fiabilidad de Maquinas" Ing. Zavala W.

Ciclo de trabajo.- El ciclo de trabajo comprende la forma en que se hace funcionar a un equipo. El siguiente cuadro se observa la valoración asignada a este parámetro bajo condiciones de trabajo al que pueda estar sujeto.

Tabla IV.- Ciclo de trabajo

Ciclo de trabajo	Puntaje
Dentro de la temperatura y carga normal	10
Trabajo corto tiempo	9
Trabajo continuo	8
Carga media	7
Carga fuerte	6

Fuente: "Fiabilidad de Maquinas" Ing. Zavala W.

Sumando los puntajes máximos posibles de los parámetros de evaluación nos dan un total de 100 puntos, es decir una fiabilidad del 100%, (Insp. Visual 40 + pruebas y mediciones 30 + Edad 10 + Medio ambiente 10 + Ciclo de trabajo 10)

2.1.2.2 DIAGRAMAS ENTRADA, PROCESO, SALIDA. [3]

Una herramienta gráfica también importante dentro de una auditoría son los Diagramas EPS los mismos que facilitan la visualización del contexto operacional, en el que se identifican: las entradas, los procesos y las salidas principales:

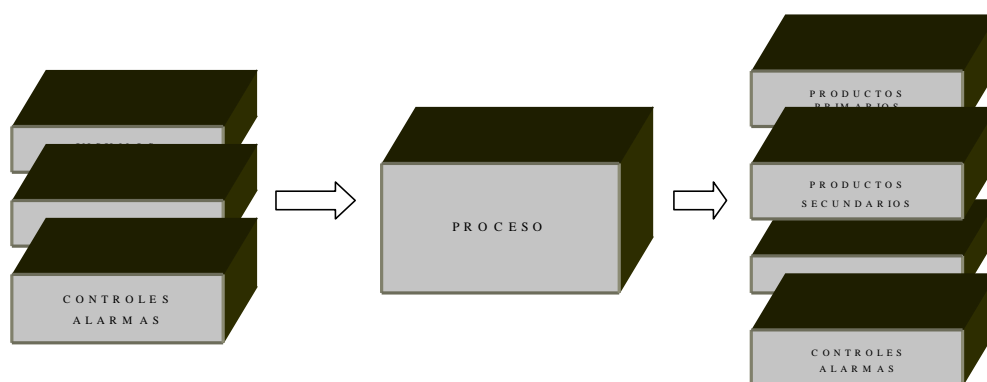


Figura 1.- Diagrama Entrada Proceso Salida

Fuente: "Manual del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad" CONFOPYM.

2.1.2.3 ANÁLISIS DE CRITICIDAD [3]

El análisis de criticidad nos permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de optimizar el proceso de asignación de recursos (económicos, humanos y técnicos).

Según las oportunidades y las necesidades de la organización, la metodología propuesta, es una herramienta de priorización bastante sencilla que genera resultados semicuantitativos, basados en la teoría del Riesgo

$$CRITICIDAD\ TOTAL = Frecuencia\ de\ fallas * Consecuencia$$

[6]

$$Consecuencia = ((Impacto\ operacional * Flexibilidad) + Costos\ de\ Mtto + ImpactoSAH)$$

[7]

Tabla V.- Análisis de Criticidad

Frecuencias de fallas:		Costos de mantenimiento	
Pobre mayor a 2 fallas/año	4	Mayor o igual a \$20000	2
Promedio 1-2 fallas/año	3	Inferior a \$20000	1
Buena 0,5-1 fallas/año	2		
Excelente menos de 0,5 falla/año	1	Impacto en seguridad Ambiente Higiene (SAH):	
Impacto operacional:			
Pérdida de todo el despacho	10	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de organización	8
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistema	7		
Impacto en niveles de inventario o calidad	4	Afecta el ambiente/instalaciones	7
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1	Afecta las instalaciones causando daños severos	5
		Provoca daños menores (ambiente - seguridad)	3
Flexibilidad operacional:			
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4	No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o en el ambiente	1
Hay opción de repuesto compartido/almacén	2		
Función de repuesto disponible	1		



Fuente: "Manual del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad" CONFOPYM.

2.1.2.4 CUESTIONARIO AUDITORIO [1]

El cuestionario aplicado se encuentra en el anexo A donde aparecen los doce bloques de autoanálisis que contemplan 114 preguntas claves, con las que estimamos diagnosticar con suficiente certeza la situación del Área de Mantenimiento.

Cada pregunta tiene una valoración entre 0, 10, 20, 30 y 40 puntos, dependiendo de la trascendencia que la misma tiene sobre el bloque analizado. El cuestionario sólo admite una respuesta y, por tanto, una puntuación, para cada una de ellas.

Se realiza una muestra que, en caso de dar una puntuación negativa es objeto de reflexión y mayor profundización con un mayor número de preguntas planteadas sobre debilidades y propuestas de mejora que, a ser posible, sean apartadas por el equipo técnico o pre directivo.

Para el presente análisis se ha seguido la filosofía indicada por Francisco González, en su obra "Auditoría del Mantenimiento e indicadores de Gestión", que indica: "En general se debe impulsar que sea lo más ecuánime posible, tendiendo, ante la duda el pesimismo o relativa crítica constructiva, pensando que los responsables del Departamento, Área o Servicio de Mantenimiento, o como máximo responsable del mismo, es muy posible que se tenga una percepción ligeramente optimista de la realidad de los problemas, dado que no todos ellos

llegan hasta la persona de responsabilidad máxima, ya que seguramente se quedaron “amortiguados” por sus mandos intermedios, sus técnicos y operadores.

Los bloques de autoanálisis son los siguientes:

- Organización general
- Métodos y sistemas de trabajo
- Control técnico de instalaciones y equipos
- Gestión de la carga de trabajo
- Compra y logística de repuestos y equipos
- Sistemas informáticos
- Organización del taller de mantenimiento
- Herramientas y medios de prueba
- Documentación técnica
- Personal y formación
- Contratación
- Control de la actividad

2.1.2.5 ESTILO DE GESTIÓN [1]

El estilo de gestión de una Organización se define básicamente por dos valoraciones o componentes:

1.- El nivel de integración de las personas.

2.- El grado de permisividad.

En base a los dos componentes anteriores y su representación gráfica en un sistema de ejes nos damos cuenta que estilo de gestión aplica la empresa, ya que cada organización se caracteriza por unas determinadas maneras o formas de comportamientos (iniciativas, participación, crítica constructiva, etc.).

De acuerdo a la puntuación obtenida ubicamos el par de datos y obtenemos un punto en cualquiera de los cuadrantes formados por los ejes:

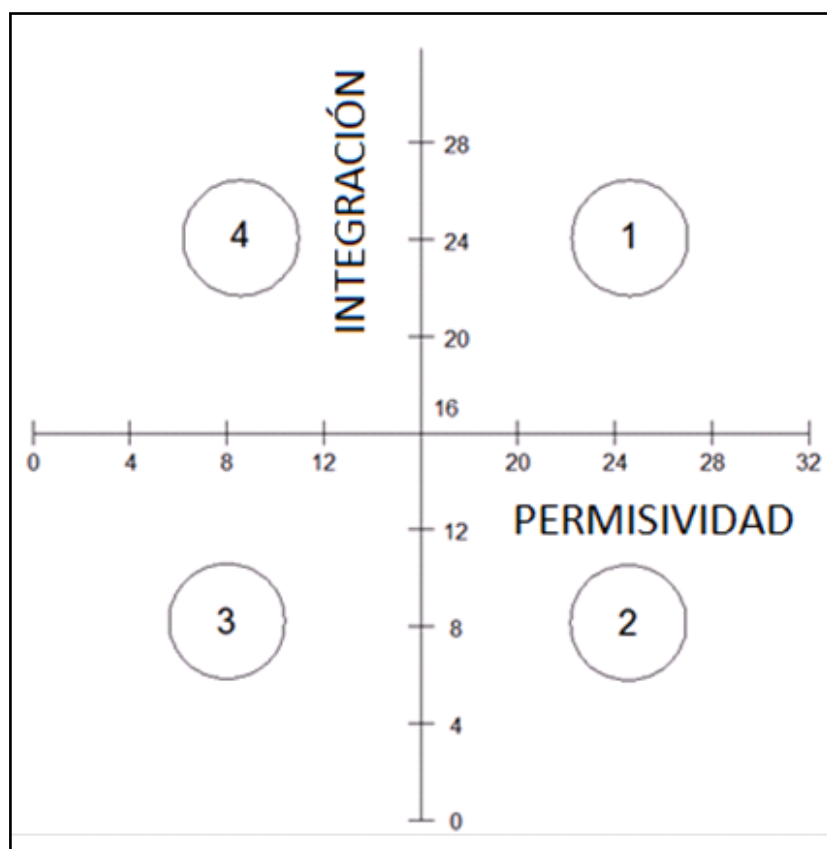


Figura 2.- Determinación del Estilo de Gestión

Fuente: "Auditoria del Mantenimiento e Indicadores de gestión" GONZALES F.

Para determinar el estilo de gestión aplicamos el cuestionario del Anexo E, y determinamos el estilo de gestión que deberá recaer en cualquier cuadrante como se aprecia en la figura anterior, el estilo de gestión determinado por la puntuación

obtenida de cada persona encuestada involucrada en niveles Predirectivos (Jefes de Generación y Mantenimiento) y Mandos Intermedios (Asistente de Generación), son Burocrático, Orgánico, Autocrático y Anárquico, con las siguientes características:

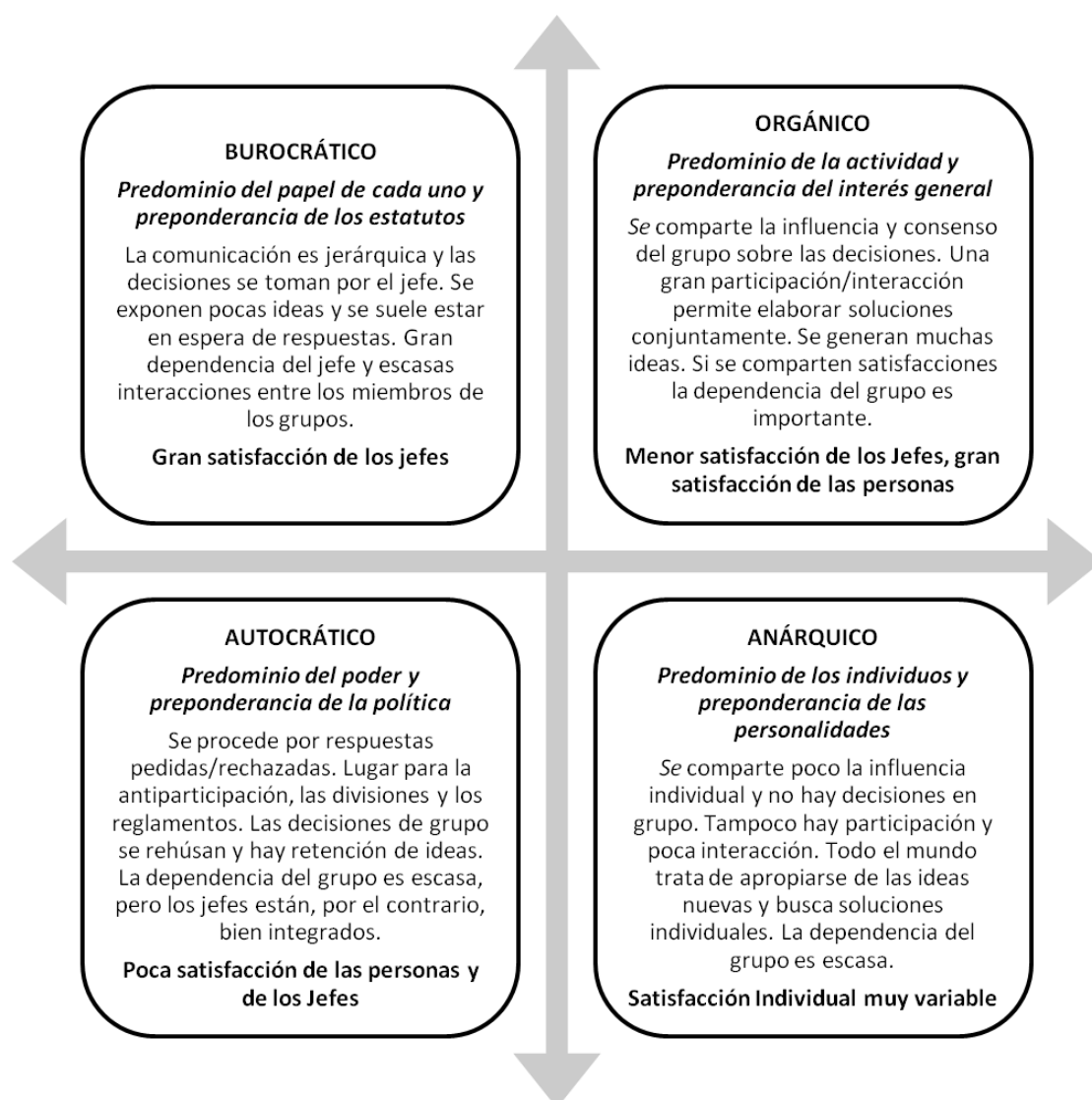


Figura 3.- Definición del Estilo de Gestión

Fuente: "Auditoria del Mantenimiento e Indicadores de gestión" GONZALES F.

2.2 ESTUDIO TEÓRICO DESCRIPTIVO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ALAO

2.2.1 HISTORIA

El 2 de Enero de 1967 se realiza la inauguración de los dos primeros grupos de la Central Alao, con la presencia del Dr. Otto Arosemena Gómez, Presidente de la República. En el año de 1977 se inaugura el tercer grupo y para el año 1979 el cuarto y último grupo.



Figura 4.- Central Hidroeléctrica "Alao"

La empresa está trabajando en el proceso de modernización para lo cual a realizado la convocatoria al concurso de ofertas para la Modernización y el

suministro de sistemas de protección, regulación, medida y scada, para el control conjunto de cuatro unidades, supervisión y montaje de los mismos en la Central Generadora Alao

2.2.2 UBICACIÓN

Está situada en la Parroquia Pungalá, perteneciente al cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, Ecuador, aproximadamente a 17 Km al sur de la ciudad de Riobamba a 2750 metros sobre el nivel del mar.

Actualmente la central tiene una capacidad instalada de 10.400 KW con cuatro turbinas Pelton de dos inyectores, alimentada por dos tuberías de $0.97\text{m}^3/\text{s}$ con una longitud 731 m y 321m de altura.

2.2.3 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS

El objetivo de una central hidroeléctrica es convertir la energía potencial de una masa de agua situada en el punto más alto del aprovechamiento, donde se ubica el embalse, en energía eléctrica, disponible en el punto más bajo, donde está ubicada la casa de máquinas (Figura 3). La potencia eléctrica que se obtiene en una central es proporcional al caudal utilizado y a la altura del salto de agua.

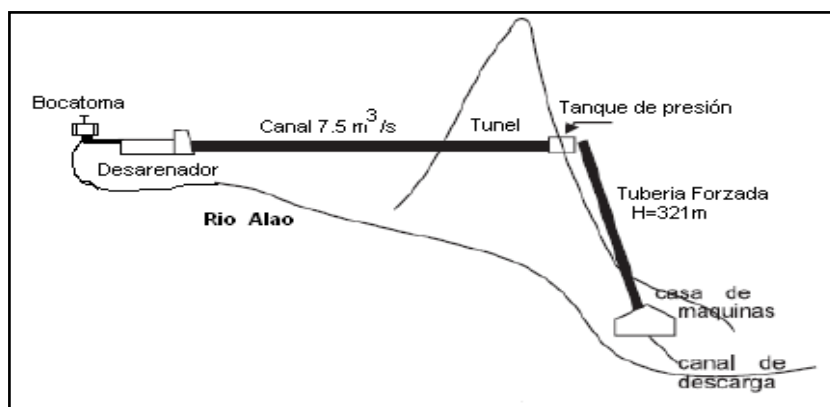


Figura 5.- Áreas de la Central Hidroeléctrica Alao

Fuente: "Auditoria del Mantenimiento Central Hidroeléctrica Alao" LATA; ZAVALA.

El proceso de conversión de energía en una central hidroeléctrica es el siguiente:



La central hidroeléctrica Alao, tiene las características de centrales por derivación que se destina una parte del caudal del río del mismo nombre para su aprovechamiento en salto natural.

En esta central el agua es conducida mediante túnel y canal abierto, luego pasa al tanque de presión para luego entrar a la turbina y sigue su cause por un canal para regresar al río Chambo.

De acuerdo a la potencia instalada en la central hidroeléctrica Alao (10,4 MW) y tomando en cuenta el sistema propuesto por la OLADE² para la región Latinoamericana y el Caribe, esta es una pequeña central.

Tabla VI.- Centrales y su rango de potencia [5]

DENOMINACIÓN	POTENCIA
Microcentrales	Hasta 50 KW
Minicentrales	50 – 500 KW
Pequeñas centrales	500 – 5000 KW

Fuente: "Manual Latinoamericano y del Caribe para control de perdidas electricas"
OLADE

2.2.4 CAUDAL

Conceptualmente caudal y escurrimiento tienen el mismo significado, volumen por unidad de tiempo, el primero generalmente se reserva para el flujo de agua en segundo, mientras que el escurrimiento se toma para el flujo en un periodo de tiempo mayor, es decir una hora, un mes o un año.

En la bocatoma, donde se capta el agua, las compuertas y desarenadores permiten el ingreso regulado de agua sin sólidos, El caudal que recibe del desarenador es de $5 \text{ m}^3/\text{s}$ del Rio Alao y en épocas de estiaje que son los meses octubre – diciembre es ayudado con caudales del río Maguazo que aporta con $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$ el mismo que es conducido a través de canal abierto y 19 túneles realizando un recorrido de 12 Km aproximadamente hasta llegar al tanque de presión.

² OLADE.- Organización Latinoamericana de Desarrollo Energético

2.2.5 SALTO

Salto bruto o total de agua, se define como la diferencia de cotas entre el tanque de presión y el inyector, sin considerar las pérdidas existentes del rozamiento del agua con la tubería.

Salto neto o efectivo, contempla además de las alturas geométricas, las otras formas de energía que pueden existir antes o después de la turbina, así como las pérdidas de energía entre los puntos considerados, expresadas en metros de columna de agua. El valor de la distancia del tanque de presión y el inyector es 321 m.

2.2.6 POTENCIA

Un aprovechamiento hidráulico necesita, para generar electricidad, un determinado caudal y una caída. Por caída, o salto bruto, se entiende que es la distancia medida en vertical que recorre el volumen de agua (diferencia de nivel entre la lámina de agua en la toma y en el punto donde se restituye al río el caudal ya turbinado).

Con los datos de caudal y caída es posible conocer la cantidad de potencia que se puede disponer, con la siguiente ecuación:

$$P = 9.8 * H * Q \quad [8]$$

Donde:

P = Potencia disponible, en kW .

H = Caída o Salto Bruto, en m .

Q = Caudal, en m^3/s .

$$P = 9.8 * 321 * 0.97$$

$$P = 3051 \text{ Kw}$$

En la central Alao existen dos tuberías de presión de 737 metros de longitud, que conduce el agua a la casa de máquinas, cuentan con una capacidad de $1.94 m^3/s$, con la caída de neta de 321 metros hacia las turbinas.

El voltaje de generación de los cuatro grupos de turbina tipo Pelton, por medio de los inyectores ingresa $0.97 m^3$ por segundo lo que hace girar a 720 revoluciones por minuto, el generador acoplado a la turbina es de 2.6 MW de potencia, dando un total de 10.4 megavatios en la central.

El caudal y la caída, son además datos básicos para determinar el tipo de turbina que se debe utilizar. Para la determinación del caudal se debe recurrir a la información histórica hidrológica de la zona. Interesa calcular para efectos de diseño y cálculos el flujo promedio y mínimo de agua anual.

2.2.7 TURBINA

La turbina hidráulica es el principal componente de una central hidroeléctrica y donde se produce la transformación de la energía contenida en el agua, energía de presión, principalmente, en trabajo en el eje que acciona el rotor del generador.

Por la demanda de energía que tiene el país, más aún en, época de estiaje, obliga a que esta central forme parte del sistema interconectado, por tales razones se utiliza cuatro turbinas, ya que siempre tienen que trabajar en un régimen de potencia máxima.

2.2.7.1 TIPO DE TURBINA

El tipo de turbina de la central es la del tipo Pelton como la potencia en este tipo de turbinas se consigue más por la altura que por el caudal. La altura de los saltos característicos para estas turbinas varía entre los 100 y 2000 metros. En el gráfico podemos comprobar la selección de la turbina tipo Pelton de acuerdo a la caída y caudal:

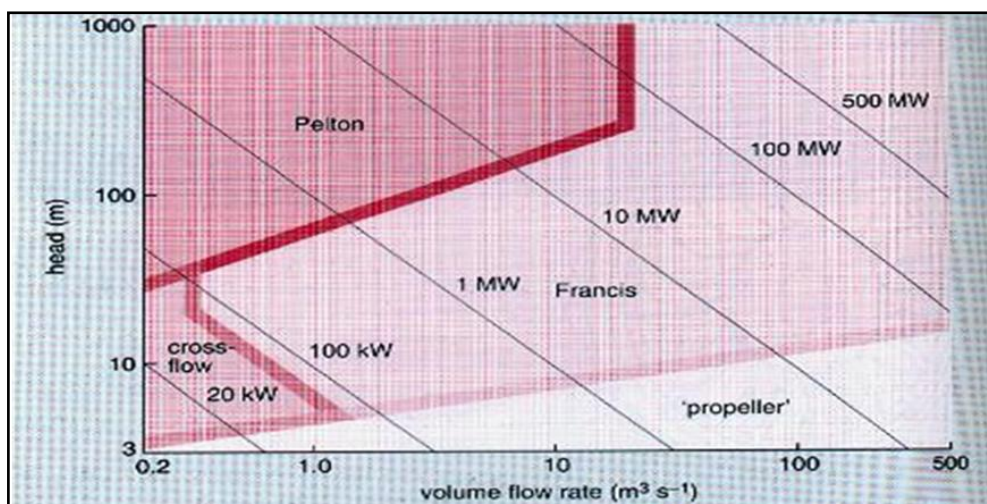


Figura 6.- Rango de aplicación de las turbinas hidroeléctricas. [6]

Fuente: "Tipos de turbinas hidroeléctricas" www.wikipedia.com.

Este tipo de turbina consta de dos partes principales, el estator y el rotor:

- En el estator se transforma la energía de presión del agua en energía cinética.

Este componente forma parte de la estructura externa y fija de la máquina.

- En el rotor o rodete, es donde se produce la transformación de la energía cinética del agua en energía de rotación en el eje de la turbina.

2.3 ÁREAS DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ALAO

2.3.1 BOCATOMA

En este punto empieza el sistema de generación, aprovechando el recurso hídrico de la provincia, realizando la captación del río Alao, como del río Maguazo. Consta de canales de desvío de agua, con sus respectivas compuertas de paso, las mismas que sirven para la regulación de caudal.

El caudal promedio enviado a la central desde la bocatoma es de $7.5 \text{ m}^3/\text{s}$, dependiendo de la época del año.

El operario para determinar el nivel de agua, se ayuda en una mirilla instalada en una de las paredes del canal, esta información es dada a conocer a la central y despacho de carga mediante comunicación radial.

Últimamente la empresa eléctrica desarrolló un sistema de visualización de nivel de agua, con equipos electrónicos y programas de control, con lo que el operario registra los niveles en una pantalla de computadora.



Figura 7.- Bocatoma del Río Alao

2.3.2 DESARENADOR

Esta área tiene la función de sedimentar los sólidos en suspensión (arena) en el fondo de un tanque diseñado para atrapar los mismos.

Está diseñado para tomar el agua obtenida de la bocatoma, luego recorre de una manera no correntosa por una distancia aproximada de 40 metros, esto permite la precipitación de los sólidos en su fondo, y al final de este sistema existe una grada separadora que permite el paso del agua superficial, y no de los sólidos que se encuentran en el fondo del desarenador.



Figura 8.- Desarenador de la Central Alao

Es muy importante este punto ya que nos evitará problemas en el momento que actúe con las turbinas.

La EERSA ha implementado últimamente un sistema de control de nivel, en el que mediante un sensor de nivel, plc's³, elementos de comunicación inalámbrica; envía información automáticamente y en tiempo real el nivel de agua en esta área hacia la central de generación y edificio principal de la empresa.



³ PLC.- Siglas en inglés de Control Lógico Programable

Figura 9.- Antena de comunicación inalámbrica

2.3.3 CANALES DE CONDUCCIÓN

El agua una vez tratada en el desarenador es conducida hacia la central de generación mediante canalización abierta, embaulada (19 túneles) o a desnivel, características diseñadas para reducir la distancia recorrida y poder obtener una distancia rectilínea que sería lo ideal en una conducción, pero por la orografía del sector se ha implementado lo dicho, recorriendo una longitud de aproximadamente 12 kilómetros.

Los canales de conducción tienen una sección trapezoidal, para obtener mayor velocidad en el fondo y facilitar su fluidez.



Figura 10.- Canalización embaulada



Figura 11.- Canalización abierta

2.3.4 TANQUE DE PRESIÓN

La central estudiada es una central hidroeléctrica de pasada y es aquella en la que no existe una acumulación apreciable de agua "corriente arriba de las turbinas", es decir las turbinas deben aceptar el caudal disponible de los ríos, con sus variaciones de estación en estación, o si ello es imposible el agua se pierde por rebosamiento. Aquí, el agua conducida es llevada al tanque de presión y debido al desnivel entre la central y el tanque, se logra obtener energía potencial en este punto.

Cerca del tanque de presión existe el canal de desfogue (rápida) que va desde el canal hasta el río Chambo. El siguiente punto es la entrada de las bocas de las tuberías de presión, las cuales están provistas de rejillas filtrando cuerpos extraños en el agua. Se encuentra a una altura para una caída bruta de 331 m y caída neta de 321 m, con un caudal de $1.94 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figura 12.- Tanque de presión

Se aprovecha la energía potencial debida a la altura del agua para, haciéndola caer, convertirla en energía cinética. Esta energía moverá los álabes (paletas curvas) de las 4 turbinas, cuyo eje está conectado al rotor de un generador, el cual se encarga de transformarla en energía eléctrica.

2.3.5 TUBERÍA DE PRESIÓN

Las tuberías de presión van desde el tanque de presión hasta la casa de máquinas, esta prevista sobre zócalos de cemento armados con tramos separados y puntos fijos en todas las desviaciones.

La tubería es de chapas de acero tipo Martin ST 37-2 DIN 17100 de 750 metros de largo, con diámetros interiores de 900/850/800 milímetros y su espesor

va desde los 7 milímetros hasta los 18 milímetros, y sometidos a prueba de presión a 1.5 veces la presión normal, completamente soldada con suelda eléctrica, para protección contra la corrosión. Es la encargada de llevar la energía cinética en el agua hasta las turbinas. Consta de dos tuberías que recorren 321 metros en línea recta, y en total 743 metros, con un caudal de $1.94 \text{ m}^3/\text{s}$., distancia y caudal suficiente para que cada tubería alimente a dos grupos de la central.



Figura 13.- Tubería de Presión

2.3.6 CENTRAL DE GENERACIÓN

Esta central es la más grande con la que cuenta la Empresa Eléctrica Riobamba, está ubicada en la Parroquia de Pungalá perteneciente al Cantón Riobamba, con una potencia de 10400 KW, por lo que satisface a la tercera parte del consumo eléctrico de la provincia de Chimborazo.

Las especificaciones técnicas en resumen son:

Tabla VII.- Características de las Central Alao

CENTRAL		ALAO			
UNIDAD N°	1	2	3	4	
TURBINA	T. BELL	T. BELL	T. BELL	T. BELL	
Altura Caída (m)	319	319	319	319	
Caudal m ³ /s	0.97	0.97	0.97	0.97	
RPM	720	720	720	720	
RPM embalam.	1255	1255	1255	1255	
Eje	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	
Tipo de Central	Pasada	Pasada	Pasada	Pasada	
Rio	Alao	Alao	Alao	Alao	
Generador	BROWN B.	BROWN B.	BROWN B.	BROWN B.	
Serial N°	560402	560403	560404	560405	
Tipo	Waglo	Waglo	Waglo	Waglo	
Voltaje Generad	2400	2400	2400	2400	
Amperios	790	790	790	790	
Frecuencia (HZ)	60	60	60	60	
Fases	3	3	3	3	
Kw Nominales	2624	2624	2624	2624	
Cos Φ	0.8	0.8	0.8	0.8	
Excitatriz	Acople Directo	Acople Directo	Acople Directo	Acople Directo	
Marca	BROWN B.	BROWN B.	BROWN B.	BROWN B.	
Serial N°	A50001	A50002	A50003	A50004	
Tipo	GF 144 A	GF 144 A	GF 144 A	GF 144 A	
Voltios	55	55	55	55	
Año fabricación	1954	1954	1954	1954	
Año d Instalación	1967	1967	1977	1979	
Vida Útil (Años)	30	30	30	30	

Fuente: "Auditoria del Mantenimiento Central Hidroeléctrica Alao" LATA; ZAVALA.

Esta Central aprovecha la corriente de las aguas del río Alao y cuenta con 4 grupo, los dos primeros grupos que fueron instalados en el año de 1967, consta cada uno de ellos con una turbina hidráulica tipo PELTON marca BELL Kriens Suiza es de eje horizontal, de dos toberas, para regulación automática doble por agujas y deflectores de chorro combinado acoplado al eje del generador.

Como primer elemento de la central tenemos las **válvulas de entrada** de agua, las cuales permiten la apertura y cierre de la entrada de agua hacia la turbina, para los dos primeros grupos esta válvula es de accionamiento hidráulico, mientras que para los grupos 3 y 4, su funcionamiento es mecánico.



Figura 14.- Válvulas de entrada

La conducción de agua hacia la turbina se la realiza mediante dos **inyectores** para cada turbina, la misma que consta de un accionamiento hidráulico para maniobrar agujas y deflectores, logrando manipular la presión de inyección y de esta manera la velocidad de la turbina.

La **turbina** Pelton de la central cuenta con las siguientes especificaciones técnicas:

Tabla VIII.- Especificaciones técnicas de la turbina

RODETE PELTON DE TURBINA HIDRÁULICA	
Diámetro	1650 mm.
Numero de alabes	20.
Ancho de alabe	285 mm.
Longitud de alabe	170 mm.
Peso	1000 Kg.
Material	Acero INOX fundido de una sola pieza.
Composición metalográfica en %	C = 0,13; S = 0,065; P = 0,065; Si = 0,50; Mn = 1,5; Mo = 0,30.

Fuente: "Auditoria del Mantenimiento Central Hidroeléctrica Alao" LATA; ZAVALA.

- El rodete es de acero colado con 1.5% de manganeso, de una sola pieza con cucharas esmeriladas y pulidas según calibres, estáticamente balanceado.
- Codos de entradas son de acero al carbono.
- Toberas con boquilla son de acero inoxidable y fácilmente intercambiables.
- Servomotor para la regulación de las agujas, funcionamiento a presión de aceite, con resorte de aceite y válvula de control
- Mecanismo de conexión entre agujas superior y la inferior.
- Deflectores de chorros de acero fundido con palancas
- Mecanismo de regulación para conexión de el regulador de velocidad de los deflectores de chorro

Cada grupo consta de un **generador** con capacidad de 3280 KVA y el voltaje de generación es de 2.4 KV. En la siguiente tabla se detalla las características técnicas de los generadores: Conexión trifásica, marca BROWN BOVERI, tipo WA 610h (grupo 1 y 2), WA 111-63-10 (grupo 3 y 4); para impulso directo por turbinas PELTON para marcha en paralelo entre dos o más grupos (en este caso 4 grupos), en las siguientes condiciones de servicio.

Tabla IX.- Características técnicas de los generadores

Potencia máx. de servicio Continuo	3280 KVA
Factor de potencia	0.8
Intensidad	790 A
Frecuencia	60 hz
Tensión entre fases	2400 V +- 5%
Velocidad Nominal	720 R P M
Velocidad Max	1256 R P M
Momento de inercia	12 tm ²

Fuente: "Auditoria del Mantenimiento Central Hidroeléctrica Alao" LATA; ZAVALA.

Consta de placas de base de acero, dos chumaceras de pedestal con lubricación a anillo cada una con elementos de resistencia y termómetros para control de tuberías, la chumacera del lado de la turbina es reforzada, embobinados con cobre en los 6 terminales sacados afuera de la máquina con aislamiento especial para los tópicos y la humedad, con tres elementos-resistencias para el control de la temperatura del embobinado; eje con brida de acoplamiento rígido para el rodete de la turbina.

El rotor del generador tiene acoplada una fuente de corriente continua de excitación independiente variable que genera un flujo constante, pero que al estar acoplado al rotor, crea un campo magnético giratorio que genera un sistema trifásico de fuerzas electromotrices en los devanados estáticos. Este equipo es denominado como: **excitatriz**.

La excitatriz para cada grupo tiene las siguientes especificaciones técnicas:

Tabla X.- Especificaciones técnicas de la excitatriz

	Grupo 1 y 2	Grupo 3 y 4
Tipo	G F 144	G F 166
Voltaje	55 V	90 V
Intensidad	345 A	390 A
Potencia	19 KW	35 KW
RPM	720	720

Fuente: "Auditoria del Mantenimiento Central Hidroeléctrica Alao" LATA; ZAVALA.



Figura 15.- Excitatriz de los grupos generadores

El **regulador de velocidad** permite maniobrar hidráulicamente los diversos mecanismos como son inyectores, deflectores, agujas; en la que mediante bandas acopladas al eje de la turbina nos permite establecer una velocidad adecuada de la turbina.



Figura 16.- Regulador de velocidad

El **banco de baterías** almacena la energía para su uso en momentos de ausencia energía eléctrica por cualquier falla que se pueda presentar en la central

y operación de elementos de control que requieren de corriente continua. Para estos fines deben ser de uso estacionario y apto para ciclos de descarga profunda

Esta operada y supervisada desde la **sala de mando**, conformada por 3 grupos de operación durante las 24 horas del día, ya que la generación es continua, cada grupo esta conformado por 2 personas, una de los cuales está encargado de la supervisión de la equipos mecánicos y eléctricos, mientras que la otra persona interviene en el manejo de los paneles de control y recogimiento de datos que son enviados a despacho de carga.



Figura 17.- Sala de mando

2.3.7 SUBESTACIÓN

En los extremos o bornes de los arrollamientos del generador aparecen tensiones denominadas de "media tensión" y una intensidad muy elevada; en el caso de los grupos generadores de la central se tiene un voltaje de 2,4 K V, con

una intensidad de corriente de 790 A. Entonces es necesario una subestación para trasladar esa tensión por las líneas de transmisión, teniendo pérdidas lo más pequeñas posibles, por lo que ésta área se encarga de aumentar la tensión y disminuir la intensidad, permaneciendo constante el producto de los mismos.



Figura 18.- Subestación # 13 Alao

Consta básicamente de un transformador para cada grupo, los grupos tienen un voltaje de generación de 2,4 KV, que se encuentra conectado a dichos transformadores elevadores de tensión de 2,4 KV a 44 KV para los dos primeros grupos, mientras que para los otros dos grupos tenemos una tensión de 69 KV.

Para acoplar las dos barras de 44 KV y 69 KV existe un autotransformador de marca WESTINGHOUSE de capacidad de 6.56 MVA. Lo que nos permite llevar una tensión de 69 KV por las líneas de transmisión, así también tenemos elementos de conmutación y protección para dicho trabajo.

2.4 MANTENIMIENTO ACTUAL DE LA CENTRAL

2.4.1 MANTENIMIENTOS PREVENTIVO

Se realizan mantenimientos preventivos preestablecidos a través de un programa anual con frecuencia de 3 meses, la central sale de operación en su totalidad con una duración de 6 a 8 horas, este mantenimiento consiste en: limpieza, revisiones, lubricación, ajustes, etc. La frecuencia de estos mantenimientos está determinada fundamentalmente por la necesidad de limpieza en los inyectores reajuste total de los deflectores, revisión en cables de potencia, carbones, etc.



Figura 19.- Actividades del mantenimiento planificado

2.4.2 MANTENIMIENTOS CORRECTIVO .

Actividad en que cada equipo es puesto fuera de servicio, tras un periodo corto de funcionamiento, para que sean efectuadas acciones de reparación de defectos y revisión rápida en general, son paradas cortas de duración de 4-6 horas las mismas que son causadas por roturas de pernos, deflectores, barras rotas, etc.

2.4.3 CLASIFICACIÓN DE LAS INTERRUPCIONES EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA .

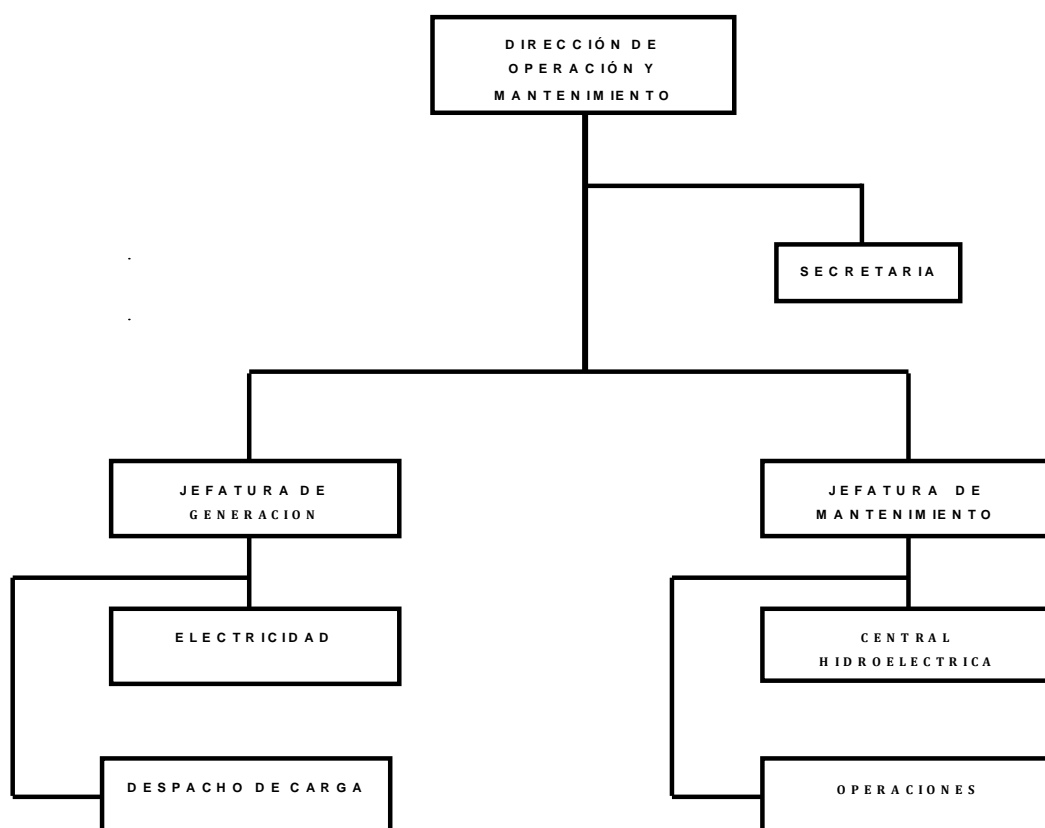
Las interrupciones en la operación, pueden ser de origen externo o interno. Las interrupciones externas se manifiestan generalmente como falta de agua en la Central y están influenciadas por la época de poca lluvias, de tal suerte que a medida que se aproximan los meses veraneros su frecuencia de su aparición es mayor y en correspondencia el tiempo de generación perdido también aumenta. Además, también se consideran interrupciones externas las relacionadas con el suministro de energía de la red debido a diferentes causas en la transmisión de la energía eléctrica. Las interrupciones internas, se han establecido las siguientes causas posibles:

- Interrupciones ambientales
- Roturas, desgastes y vibraciones
- Mantenimientos programados

2.4.4 ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES DE PERSONAL DE MANTENIMIENTO

El área de Generación de la EERSA, se encuentra integrado por un Jefe de Generación, un Jefe de Mantenimiento, Asistente de Ingeniería; los mismos que tienen a su cargo al personal que labora en las diferentes centrales de generación

Figura 20.- Organigrama estructural del departamento de operación y mantenimiento.



que posee la empresa denominados operadores (Tableros de control), guardias y personal que se encarga de controlar los niveles de caudal (Bocatoma, Tanque de presión).

2.4.5 GRUPO DE TRABAJO

El Departamento de Operación y Mantenimiento (DOM) en su área de Generación en que se realizó la auditoria, esta conformada por:

- Director
- Jefe de Generación
- Jefe de Mantenimiento
- Auxiliar de Ingeniería Eléctrica.
- Operadores de Central Hidroeléctricas
- Secretaria
- Auxiliar de Servicios
- Guardia Residente.

2.4.6 MANUAL DE FUNCIONES DEL ÁREA DE GENERACIÓN

➤ DIRECTOR DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Naturaleza del trabajo:

Programación, organización, dirección, coordinación y control de las actividades de operación y mantenimiento eléctrico de la Empresa.

Funciones:

- Dirigir la elaboración de los programas de trabajo para la operación y mantenimiento de los programas e generación, subtransmisión y distribución de la energía eléctrica evaluar su ejecución.
- Dirigir la elaboración del proyecto del presupuesto anual del área.
- Solucionar los problemas técnicos que afectan al normal suministro de energía.
- Analizar y aprobar los requerimientos de equipos, materiales, repuestos, combustibles, lubricantes, herramientas, servicios a utilizarse en la operación y mantenimiento del sistema.
- Dirigir la elaboración de las bases y especificaciones técnicas para los concursos de ofertas para la adquisición de bienes y/o servicios de intervenir en el análisis de las ofertas presentadas.
- Intervenir en la realización de las pruebas de funcionamiento de los equipos e instalaciones construidas, reparadas o mejoradas por la Empresa, por contratistas y/o terceros disponer entren en operación.

- Dirigir y coordinar las acciones de despacho de carga.
- Supervisar que la información técnica del sistema se encuentren actualizado.
- Realizar informes de gestión.
- Las demás que le sean asignadas dentro del ámbito de su actividad.

Requisitos mínimos:

- Título Profesional Universitario en Ingeniería Eléctrica.
- Cinco años de experiencia en labores similares.

Condiciones de empleo.

- Capacidad para alcanzar objetivos a través de la Administración de los Recursos Humanos.
- Afiliación al Colegio de Profesionales.

➤ **JEFE DE GENERACIÓN**

Naturaleza del trabajo:

Programas, organizar, coordinar y controlar las actividades de generación eléctrica.

Funciones:

- Programar tareas de operación y mantenimiento de las centrales de Generación, organizar, supervisar y evaluar su ejecución.
- Procesar datos del sistema de generación y realizar la liquidación de compra de potencia y energía al SNI.
- Determinar los requerimientos de equipos, repuestos, materiales, herramientas, combustible y lubricantes para la operación y mantenimiento de las Centrales de generación, solicitar su entrega e informar su utilización.
- Organizar y supervisar el mantenimiento eléctrico preventivo y correctivo de los equipos de generación y control y la información del mantenimiento de los equipos de generación.
- Elaborar los registros de operación y actualizar los libros de vida de los equipos de generación instalados.
- Coordinar el despacho de carga, la entrada y salida de las unidades o centrales de generación.
- Intervenir en las pruebas de funcionamiento de los equipos de generación.

- Procesar y actualizar en la información estadística de generación y despacho v de carga.
- Revisar los partes de labores de las centrales y despacho de carga.
- Realizar informes de gestión.
- Reemplazar al Jefe inmediato en caso de ausencia.
- Las demás que le sean asignadas dentro del ámbito de su actividad.

Requisitos mínimos:

- Título Profesional de Ingeniería Eléctrica.
- Cuatro años de experiencia en labores similares.

Condiciones de empleo

- Afiliación al Colegio de Profesionales respectivo.

- AUXILIAR DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Naturaleza del trabajo:

Ejecución de labores auxiliares de Ingeniería Eléctrica.

Funciones:

- Colaborar en la elaboración de programas, proyectos diseños, especificaciones técnicas, presupuestos y estudios especiales requeridos para la expansión y mantenimiento del sistema.
- Ejecutar los trabajos de reparación y mantenimiento preventivo y correctivo de los grupos de generación, tableros y equipos auxiliares, subestaciones, líneas y redes de distribución.
- Participar en la recepción y en la pruebas de funcionamiento de los equipos instalados en las Centrales de Generación, Subestaciones, equipos e instalaciones construidas, modificadas o reparadas.
- Elaborar órdenes de trabajo y colaborar en la realización de estudios de Ingeniería.
- Colaborar en la determinación de requerimientos de equipos, repuestos, herramientas, lubricantes, combustibles y materiales requeridos para la operación y mantenimiento de las centrales de generación, Subestaciones, Sistemas de Distribución.

- Velar porque se mantengan actualizados los registros de operación y los libros de vida de cada uno de los equipos instalados en las Centrales o Subestaciones.
- Velar por el cumplimiento del trabajo de limpieza de la Casa de Máquinas, Subestaciones y sitios aledaños.
- Velar por la correcta utilización de los equipos, lubricantes, combustibles, materiales y herramientas en los trabajos de construcción y de operación y mantenimiento.
- Las demás que le sean asignadas dentro del ámbito de su actividad.

Requisitos mínimos:

- Egresado de Ingeniería Eléctrica.
- Título de Tecnólogo en Electricidad.
- Un año de experiencia en labores similares.

➤ JEFE DE MANTENIMIENTO

Naturaleza del trabajo:

Programación, Organización, coordinación y control del mantenimiento de las centrales de Generación.

Funciones:

- Elaborar, ejecutar y evaluar los programas de mantenimiento preventivo y correctivo de las centrales de Generación.
- Determinar las necesidades de utilización y renovación de equipos, herramientas, repuestos y materiales para la generación de las centrales eléctricas, solicitar su entrega e informar su utilización.
- Administrar los contratos de mantenimiento.
- Supervisar la reparación de equipos y piezas de generación.
- Elaborar informes de novedades y de gestión.
- Reemplazar al Jefe inmediato en caso de ausencia.
- Las demás que le sean asignadas dentro del ámbito de su actividad.

Requisitos mínimos

- Título Profesional en Ingeniería Mecánica.
- Cuatro años de experiencia en labores similares.

➤ OPERADOR DE CENTRAL ELÉCTRICA

Naturaleza del trabajo:

Ejecución de labores de operación en las centrales de Generación eléctrica.

Funciones:

- Poner en funcionamiento los grupos de generación.
- Coordinar con los operadores de las subestaciones la entrada y salida de sincronía de las unidades de generación.
- Operar los grupos generadores, tableros y equipos auxiliares de la central y cuidar de su buen funcionamiento.
- Realizar la limpieza de los equipos de purificación de aceite, combustible, etc.
- Controlar que los parámetros de medición del voltaje, corriente, frecuencia, potencia, presión, temperatura, se encuentre dentro de los límites normales de operación.
- Controlar los niveles de aceite, combustible, agua, grasa, así como de sus reservas.
- Atender las señales o alarmas de los sistemas de seguridad instalados, chequear y realizar los ajustes necesarios.
- Registrar los datos de generación y controlarlos.
- Registrar y reportar al turno entrante y al Jefe inmediato las novedades o anomalías que se encuentren o se presenten en la operación de las centrales.

- Realizar el mantenimiento menor y colaborar en el mantenimiento mayor de los equipos de generación.
- Efectuar la limpieza y lubricación de los equipos de la central.
- Las demás que le sean asignadas dentro del ámbito de su actividad.

Requisitos mínimos:

- Título de bachiller Técnico.
- Dos años de experiencia en labores similares.

CAPITULO III

AUDITORÍA EVALUATIVA DEL MANTENIMIENTO

El proceso ordenado y puntual para cumplir con los objetivos de una auditoría del mantenimiento consta de los siguientes puntos:

3.1 DIAGRAMAS EPS (ENTRADAS, PROCESOS, SALIDAS)

Con esto determinamos el contexto operacional de cada área:

BOCATOMA :

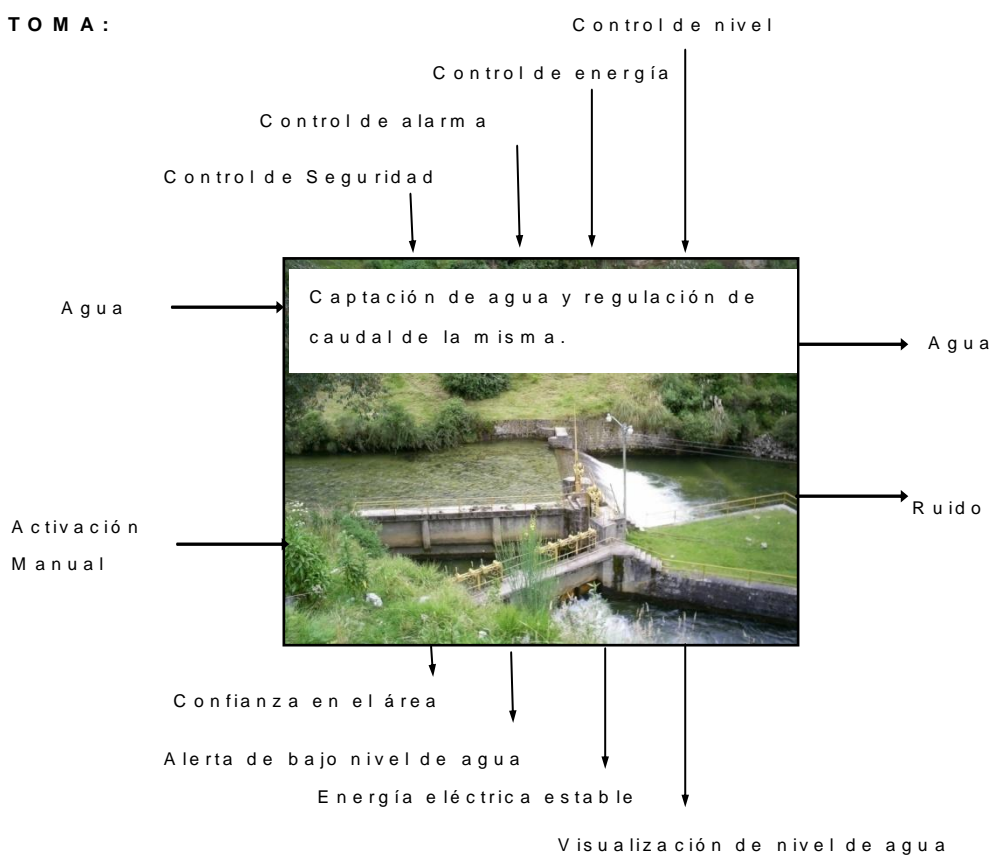


Figura 21.- Diagrama EPS de la Bocatoma

DESARENADOR :

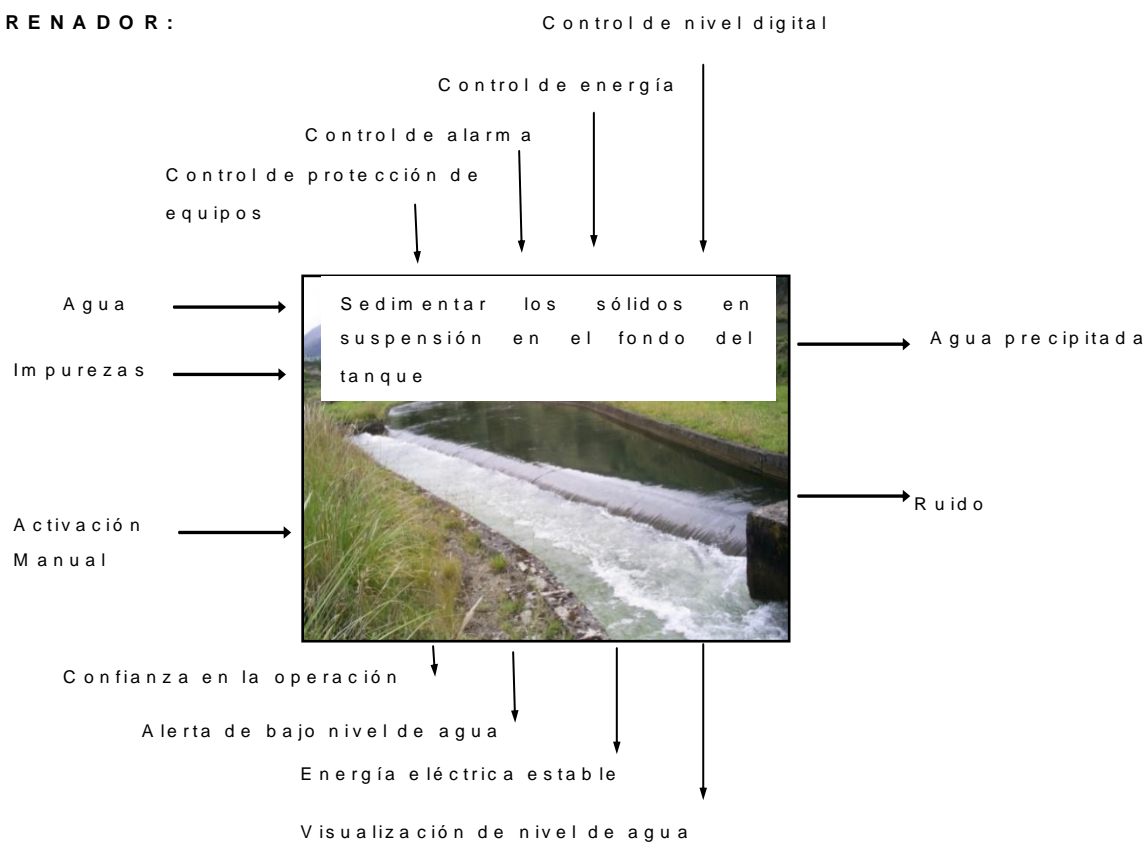


Figura 22.- Diagrama EPS del Desarenador

Canales de conducción:

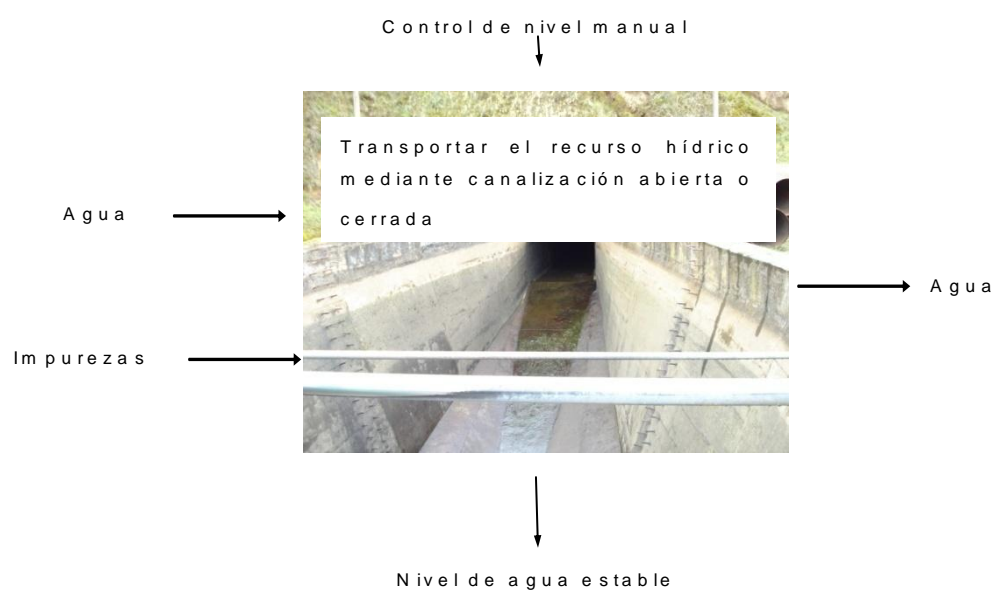


Figura 23.- Diagrama EPS de los Canales de Conducción

TANQUE DE PRESIÓN:

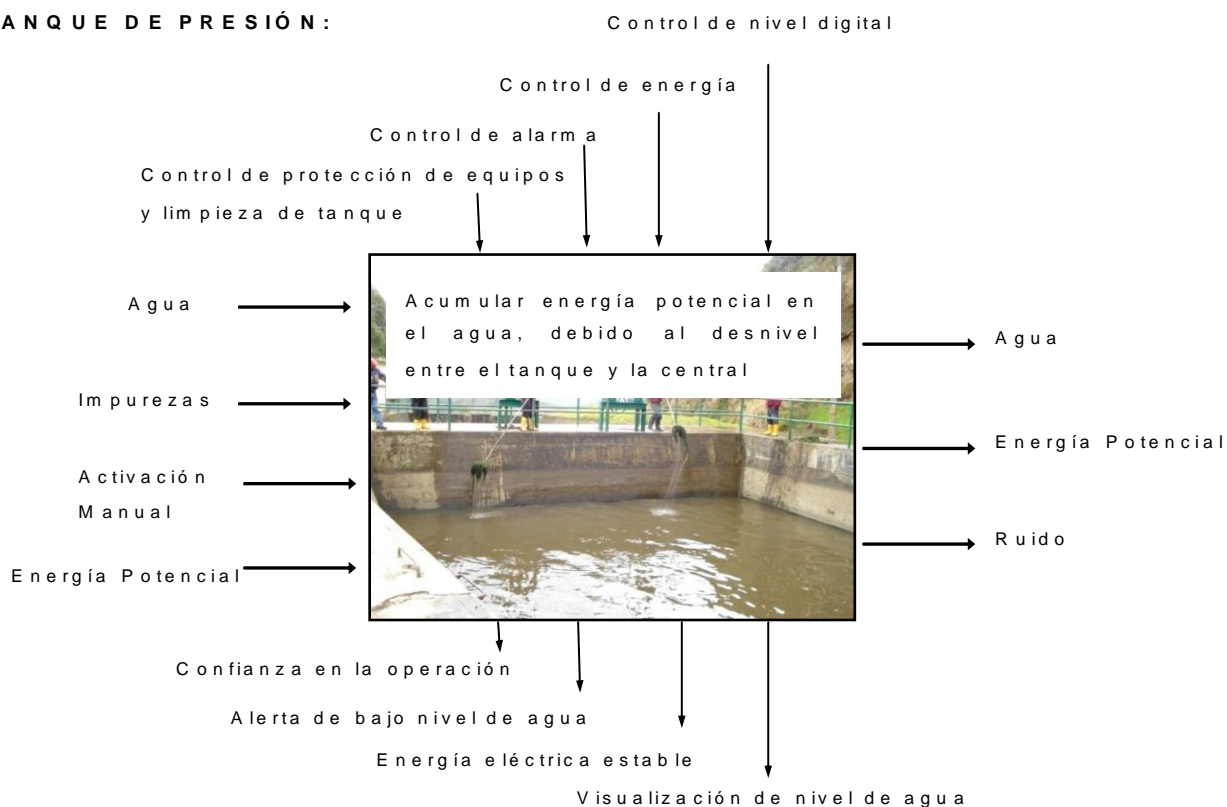


Figura 24.- Diagrama EPS del Tanque de Presión

TUBERÍA DE PRESIÓN:

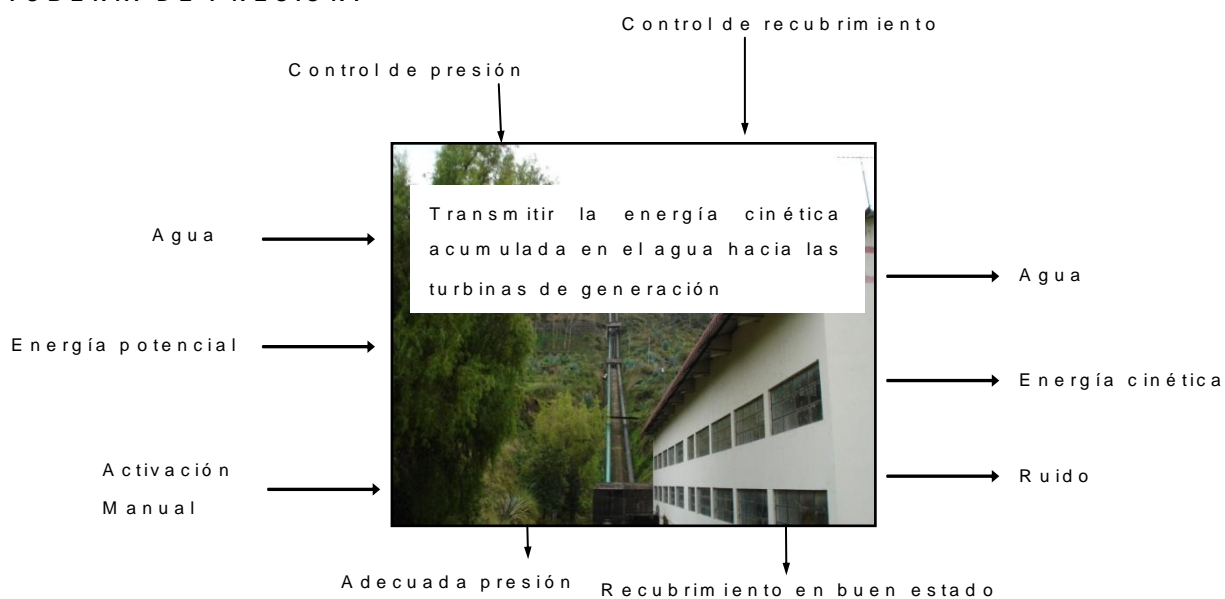


Figura 25.- Diagrama EPS de la Tubería de Presión

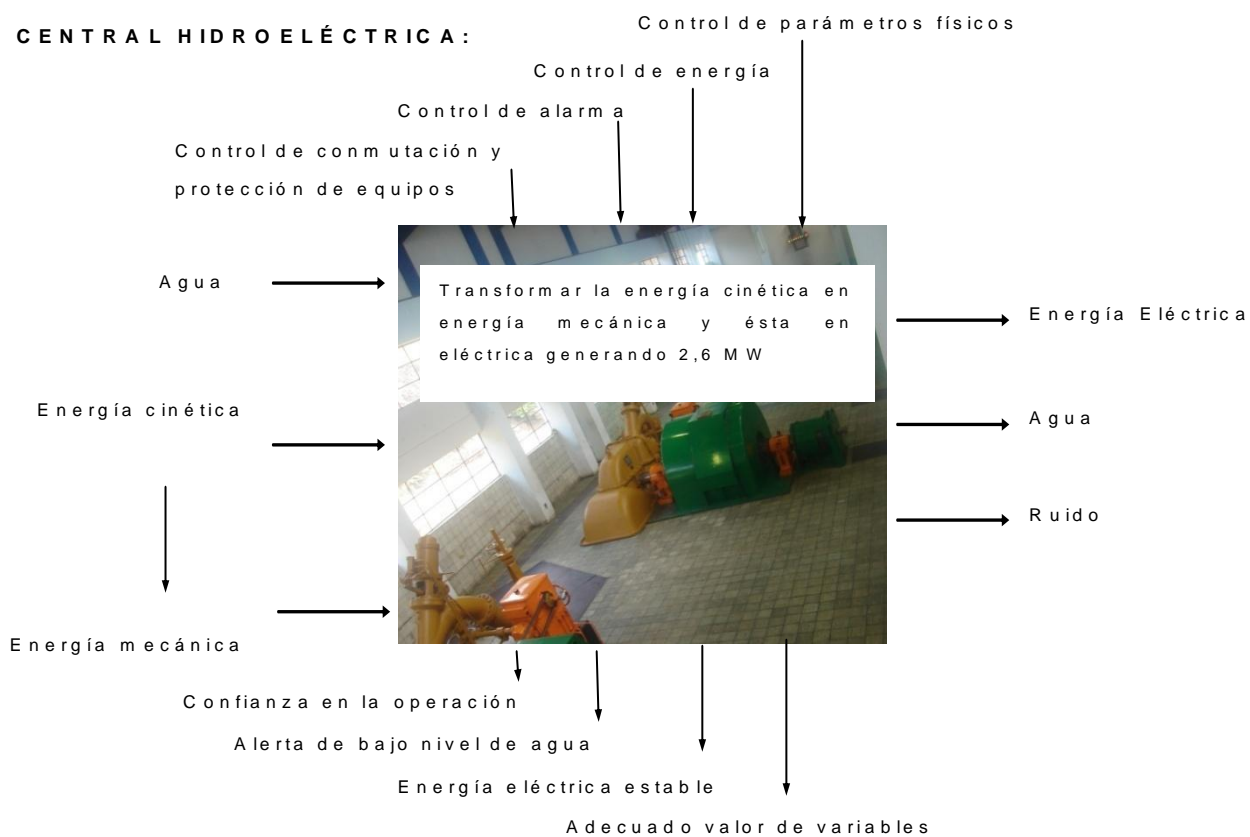


Figura 26.- Diagrama EPS de la Central Hidroeléctrica

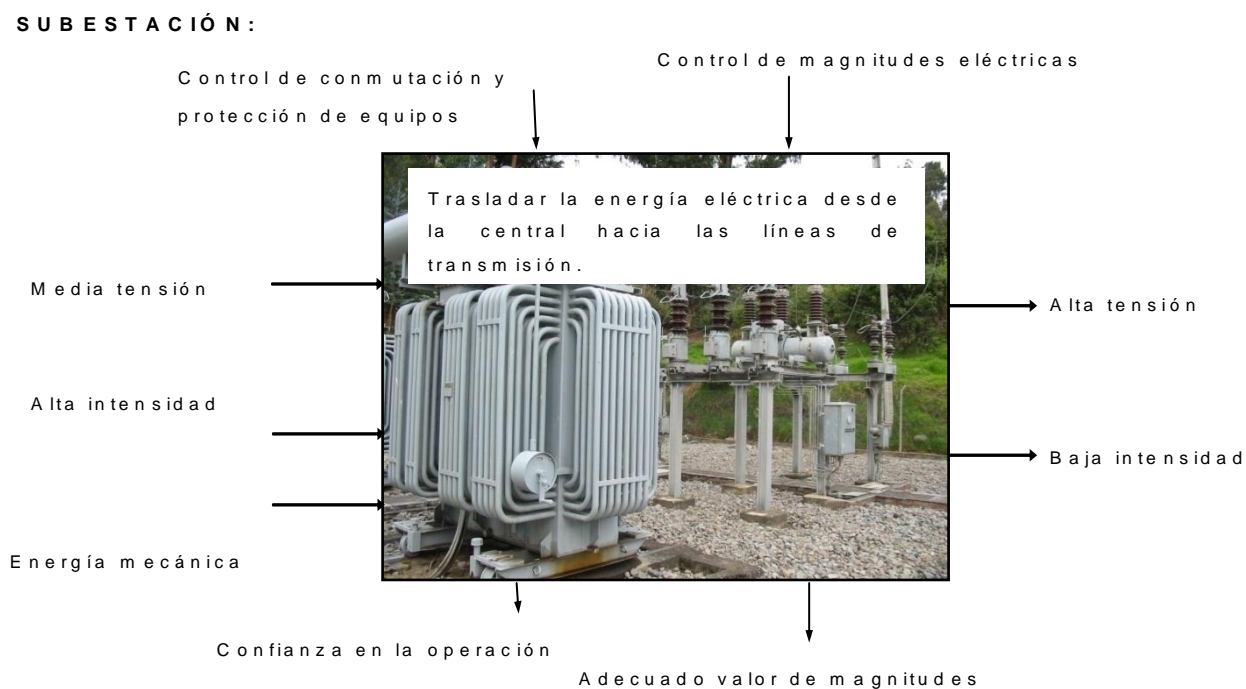


Figura 27.- Diagrama EPS de la Subestación

3.2 DETERMINACIÓN DEL ESTADO ACTUAL

Se realiza un estudio visual del estado técnico de los equipos de la central, que nos servirá como punto de partida para la auditoría del mantenimiento.

Tabla XI.- Estado actual del Cuarto de Máquinas

CUARTO DE MAQUINAS					
Año de fabricación: 1969		Tiempo de vida: 40 años		Vida útil: 80 años	
ÍTEM		Observaciones	Buen	Malo	Reg
1	Estado de estructura		✓		
2	Estado de ventanales y puertas		✓		
3	Estado de limpieza		✓		
4	Estado de iluminación e instalaciones eléctricas		✓		
5	Grúa	Presenta vetustez			✓
Conclusión: Los 5 ítems evaluados alcanzan una puntuación del 96%, correspondiente a un estado técnico bueno y dar una revisión como servicio de mantenimiento.					

Tabla XII.- Estado actual del Grupo de Generación #1

GRUPO DE GENERACIÓN # 1					
Equipos: ✓ Válvula de cierre ✓ Rodete ✓ Regulador de velocidad ✓ Generador ✓ Excitatriz		Año que entro a operar: 1969 Años de funcionamiento: 40 años Vida útil: 40 años			
Válvula de cierre: KRIENS Bell V = 110 Hum = 40mm	Rodete KRIENS Bell Salto = 321m Caudal = 0.97 m ³ /s Potencia = 2665KW Velc = 720 RPM Velc emb = 1255rpm	Regulador de velocidad Kriens - Schweiz Reg arb = 225 m kg Hub = 140mm	Generador A.BROWN BROVERI V = 55 A = 345 P = 19 RPM = 720 RPM (emb) = 1300	Excitatriz A.BROWN BROVERI V = 90 A = 390 P = 35 RPM = 720 RPM (emb) = 1256	
Manuales: SI ✓ NO ___		Planos: SI ✓ NO ___		Repuestos: SI ✓ NO ___	
ÍTEM	EQUIPOS	Observaciones	Buen	Malo	Reg
1	Estado de carcasa de Rodete	Existe fuga de agua en brazo de deflector, recubrimiento de pintura saliéndose.			✓
2	Estado de carcasa de Regulador de velocidad	Existe fugas de aceite			✓
3	Estado de carcasa de generador		✓		
4	Estado de válvula de cierre		✓		
5	Estado visual de Tubería de presión	Grietas en la pintura	✓		
6	Estado de limpieza		✓		
7	Inspección Visual partes Mecánicas		✓		
8	Inspección visual partes Eléctricas		✓		

Tabla XIII.- Estado actual del Grupo de Generación #2

GRUPO DE GENERACIÓN # 2							
Equipos: ✓ Válvula de cierre ✓ Rodete ✓ Regulador de velocidad ✓ Generador ✓ Excitatriz			Año que entro a operar: 1969 Años de funcionamiento: 40 años Vida útil: 40 años				
Válvula de cierre: KRIENS Bell V = 110 Hum = 40mm		Rodete KRIENS Bell Salto = 321m Caudal = 0.97 m ³ /s Potencia = 2665KW Velc = 720 RPM Velc emb = 1255rpm	Regulador de velocidad Kriens - Schweiz Reg.arb = 225 m kg Hub = 140mm	Generador A.BROWN BROVERI V = 55 A = 345 P = 19 RPM = 720 RPM (emb) = 1300	Excitatriz A.BROWN BROVERI V = 90 A = 390 P = 35 RPM = 720 RPM (emb) = 1256		
Manuales: SI ✓ NO __			Planos: SI ✓ NO __		Repuestos: SI ✓ NO __		
ÍTEM	EQUIPOS		Observaciones		Buen	Malo	Reg
1	Estado de carcasa de Rodete		Desprendimiento del recubrimiento de pintura.				✓
2	Estado de carcasa de Regulador de velocidad		Desprendimiento del recubrimiento de pintura.		✓		
3	Estado de carcasa de generador				✓		
4	Estado de válvula de cierre				✓		
5	Estado visual de Tubería de presión		Grietas en la pintura.		✓		
6	Estado de limpieza				✓		
7	Inspección Visual partes Mecánicas				✓		
8	Inspección visual partes Eléctricas				✓		
9	Estado de Equipos de Medición				✓		
10	Funcionamiento de mecanismo de regulación y mando				✓		
11	Nivel de ruido y vibraciones				✓		
12	Cámara de salida de aire del generador				✓		
13	Excitatriz				✓		
14	Rodamientos				✓		
Conclusión: Los 14 ítems evaluados alcanzan una puntuación del 98% , correspondiente a un estado técnico bueno y dar una revisión como servicio de mantenimiento.							

Tabla XIV.- Estado actual del Grupo de Generación #3

GRUPO DE GENERACIÓN # 3							
Equipos: ✓ Válvula de cierre ✓ Rodete ✓ Regulador de velocidad ✓ Generador ✓ Excitatriz			Año que entro a operar: 1971 Años de funcionamiento: 40 años Vida útil: 38 años				
Válvula de cierre: KRIENS Bell V = 110 Hum = 40mm		Rodete KRIENS Bell Salto = 321m Caudal = 0.97 m ³ /s Potencia = 2665KW Velc = 720 RPM Velc emb = 1255rpm	Regulador de velocidad Kriens - Schweiz Reg.arb = 225 m kg Hub = 140mm	Generador A.BROWN BROVERI V = 55 A = 345 P = 19 RPM = 720 RPM (emb) = 1300	Excitatriz A.BROWN BROVERI V = 90 A = 390 P = 35 RPM = 720 RPM (emb) = 1256		
Manuales: SI ✓ NO ___			Planos: SI ✓ NO ___		Repuestos: SI ✓ NO ___		
ÍTEM	EQUIPOS		Observaciones		Buen	Malo	Reg
1	Estado de carcasa de Rodete		Desprendimiento del recubrimiento de pintura. Fuga de agua en silicón de la base.				✓
2	Estado de carcasa de Regulador de velocidad		Desprendimiento del recubrimiento de pintura. Fuga de aceite				✓
3	Estado de carcasa de generador				✓		
4	Estado de válvula de cierre		Fuga de agua				✓
5	Estado visual de Tubería de presión		Fuga de aceite de la válvula de presión				✓
6	Estado de limpieza				✓		
7	Inspección Visual partes Mecánicas				✓		
8	Inspección visual partes Eléctricas				✓		
9	Estado de Equipos de Medición				✓		
10	Funcionamiento de mecanismo de regulación y mando				✓		
11	Nivel de ruido y vibraciones		Existe leve vibración				✓
12	Cámara de salida de aire del generador				✓		
13	Excitatriz		Ruido en la escobillas		✓		
14	Rodamientos				✓		
Conclusión: Los 14 ítems evaluados alcanzan una puntuación del 93% , correspondiente a un estado técnico bueno y dar una revisión como servicio de mantenimiento.							

Tabla XV.- Estado actual del Grupo de Generación #4

GRUPO DE GENERACIÓN # 4	
Equipos: ✓ Válvula de cierre ✓ Rodete ✓ Regulador de velocidad ✓ Generador ✓ Excitatriz	Año que entro a operar: 1969 Años de funcionamiento: 38 años Vida útil: 40 años

Válvula de cierre: KRIENS Bell V = 110 Hum = 40mm		Rodete KRIENS Bell Salto = 321m Caudal = 0.97 m ³ /s Potencia = 2665KW Velc = 720 RPM Velc emb =1255rpm	Regulador de velocidad Kriens - Schweiz Reg.arb = 225 m kg Hub = 140mm	Generador A.BROWN BROVERI V = 55 A = 345 P = 19 RPM = 720 RPM (emb) = 1300	Excitatriz A.BROWN BROVERI V = 90 A = 390 P = 35 RPM = 720 RPM (emb) = 1256
Manuales: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ___		Planos: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ___		Repuestos: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ___	
ÍTEM	EQUIPOS	Observaciones	Buen	Malo	Reg
1	Estado de carcasa de Rodete	Desprendimiento del recubrimiento de pintura. Fuga de agua por brazo del deflector			<input checked="" type="checkbox"/>
2	Estado de carcasa de Regulador de velocidad	Recubrimiento de pintura saliéndose. Pernos flojos			<input checked="" type="checkbox"/>
3	Estado de carcasa de generador		<input checked="" type="checkbox"/>		
4	Estado de válvula de cierre				<input checked="" type="checkbox"/>
5	Estado visual de Tubería de presión	Presencia de aceite de la válvula de presión.	<input checked="" type="checkbox"/>		
6	Estado de limpieza		<input checked="" type="checkbox"/>		
7	Inspección Visual partes Mecánicas		<input checked="" type="checkbox"/>		
8	Inspección visual partes Eléctricas		<input checked="" type="checkbox"/>		
9	Estado de Equipos de Medición		<input checked="" type="checkbox"/>		
10	Funcionamiento de mecanismo de regulación y mando		<input checked="" type="checkbox"/>		
11	Nivel de ruido y vibraciones		<input checked="" type="checkbox"/>		
12	Cámara de salida de aire del generador		<input checked="" type="checkbox"/>		
13	Excitatriz		<input checked="" type="checkbox"/>		
14	Rodamientos		<input checked="" type="checkbox"/>		
Conclusión: Los 14 ítems evaluados alcanzan una puntuación del 95% , correspondiente a un estado técnico bueno y dar una revisión como servicio de mantenimiento.					

Tabla XVI.- Estado actual de la Sala de Compresores

ESTADO DE LA SALA DE COMPRESORES					
Equipos: <input checked="" type="checkbox"/> Compresor <input checked="" type="checkbox"/> Tanque de presión		Año que entro a operar: 1969 Años de funcionamiento: 40 años Vida útil: 20 años			
TANQUE DE PRESIÓN ATLAS COPCO		COMPRESOR BROWN BOVERI Capacidad = 700 l Presión de construcción = 32 Kg/cm ² Presión de servicio = 30 Kg/cm ²			
Manuales: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ___		Planos: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ___		Repuestos: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ___	
ÍTEM	EQUIPOS	Observaciones	Buen	Malo	Reg
1	Estado de carcasa de compresor		<input checked="" type="checkbox"/>		
2	Inspección Visual partes Mecánicas		<input checked="" type="checkbox"/>		
3	Inspección visual partes Eléctricas		<input checked="" type="checkbox"/>		
4	Estado de anclaje de equipos		<input checked="" type="checkbox"/>		
5	Estado de Equipos de Medición		<input checked="" type="checkbox"/>		

6	Funcionamiento de mecanismo de regulación y mando Estado de limpieza		✓		
7	Estado de limpieza				✓
8	Estado de tanques de presión	Presencia de polvo	✓		
9	Tuberías de aire y válvulas	Presencia de polvo	✓		
Conclusión: Los 14 ítems evaluados alcanzan una puntuación del 90% , correspondiente a un estado técnico bueno y dar una revisión como servicio de mantenimiento.					

Tabla XVII.- Estado actual del Transformador Grupo #1

TRANSFORMADOR 2.4/44 kv Grupo 1						
Componentes: ✓ Transformador ✓ Cables ✓ Elementos de Medición			Año que entro a operar: 1969 Años de funcionamiento: 40 años Vida útil: 30 años			
TRANSFORMADOR Fases 3 KVA = 3280 Continuo V Primario= 2400 V Secundario = 46200 - 41800 Ap = 790 As = 43 T. de c.c. = 7.3% f = 60Hz						
Manuales: SI ✓ NO ___		Planos: SI ✓ NO ___		Repuestos: SI ✓ NO ___		
ÍTEM	Componentes	Observaciones		Buen	Malo	Reg
1	Estado de Equipos de medición	No son tan visibles			✓	
2	Estado de carcasa del transformador	Presenta oxido y desprendimiento de pintura				✓
3	Estado de fugas de aceite	Presencia de aceite en las bases				✓
4	Estado de cables conductores			✓		
5	Nivel de ruido y vibraciones	Ruido normal		✓		
6	Estado de limpieza	Presencia de polvo				✓
Conclusión: Los 6 ítems evaluados alcanzan una puntuación del 83% , correspondiente a un estado técnico regular y dar una reparación pequeña como servicio de mantenimiento.						

Tabla XVIII.- Estado actual del Transformador Grupo #2

TRANSFORMADOR 2.4/44 kv Grupo 2	
Componentes: ✓ Transformador ✓ Cables ✓ Elementos de Medición	Año que entro a operar: 1969 Años de funcionamiento: 40 años Vida útil: 30 años

TRANSFORMADOR BROWN. BOVERI Fases 3 KVA = 3280 Continuo V Primario = 2400 V Secundario = 46200 - 41800 Ap = 790 As = 43 T. de c.c. = 7.3% f = 60Hz					
Manuales: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		Planos: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		Repuestos: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
ÍTEM	Componentes	Observaciones	Buen	Malo	Reg
1	Estado de Equipos de medición	No son tan visibles		<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Estado de carcasa del transformador	Presenta oxido y desprendimiento de pintura			<input checked="" type="checkbox"/>
3	Estado de fugas de aceite	Presencia de aceite en las bases			<input checked="" type="checkbox"/>
4	Estado de cables conductores		<input checked="" type="checkbox"/>		
5	Nivel de ruido y vibraciones	Ruido normal	<input checked="" type="checkbox"/>		
6	Estado de limpieza	Presencia de polvo			<input checked="" type="checkbox"/>
Conclusión: Los 6 ítems evaluados alcanzan una puntuación del 83% , correspondiente a un estado técnico regular y dar una reparación pequeña como servicio de mantenimiento.					

Tabla XIX.- Estado actual del Transformador Grupo #3

TRANSFORMADOR 2.4/44 kv Grupo 3					
Componentes: ✓ Transformador ✓ Cables ✓ Elementos de Medición			Año que entro a operar: 1975 Años de funcionamiento: 34 años Vida útil: 30 años		
TRANSFORMADOR BROWN. BOVERI Fases 3 Tap = 3 KVA = 3280 / 3935 Continuo f = 60 hz V Primario= 2400 V Secundario = 69000 Ap = 789.1 / 946.7 As = 27.45 / 32.93 T. de c.c. = 6%					
Manuales: SI ✓ NO ___		Planos: SI ✓ NO ___		Repuestos: SI ✓ NO ___	
ÍTEM	Componentes	Observaciones	Buen	Malo	Reg
1	Estado de Equipos de medición	No son tan visibles			✓
2	Estado de carcasa del transformador	Presenta oxido y desprendimiento de pintura			✓
3	Estado de fugas de aceite	Presencia de aceite en las bases	✓		
4	Estado de cables conductores		✓		
5	Nivel de ruido y vibraciones		✓		
6	Estado de limpieza	Presencia de polvo			✓
7					
Conclusión: Los 6 ítems evaluados alcanzan una puntuación del 90% , correspondiente a un estado técnico bueno y dar una revisión como servicio de mantenimiento.					

Tabla XX.- Estado actual del Transformador Grupo #4

TRANSFORMADOR 2.4/44 kv Grupo 4						
Componentes: ✓ Transformador ✓ Cables ✓ Elementos de Medición			Año que entro a operar: 1975 Años de funcionamiento: 34 años Vida útil: 30 años			
TRANSFORMADOR BROWN. BOVERI Fases 3						

Las conclusiones anteriores nos basamos en el método que multiplica la cantidad de aspectos evaluados como buenos por 1, regulares por 0.8, malos por 0.6 y muy malos por 0.4. Se suman todos estos productos y el resultado se divide para la cantidad de aspectos evaluados. El resultado anterior se multiplica por 100 y obtenemos el índice que nos permite evaluar según criterios señalados. [4]

Tabla XXI.- Tipo de servicio de acuerdo a su estado técnico [4]

Estado Técnico	Puntuación %	Tipo de servicio de Mantenimiento
Bueno	90 a 100	Revisión
Regular	75 a 89	Reparación Pequeña
Malo	50 a 74	Reparación Media
Muy Malo	Menos 50	Reparación General

Tabla XI-XXI, Fuente: "Auditoria del Mantenimiento Central Hidroeléctrica Alao" LATA; ZAVALA.

3.3 ANÁLISIS DE CRITICIDAD

El análisis de criticidad de los equipos de la Central Hidroeléctrica Alao, que nos va a permitir tomar referencias para determinar la jerarquización de equipos:

Bocatoma

EQUIPOS	IO	FO	CM	ISAH	FF	CO	TOTAL	JERARQUIZACIÓN
Compuertas de entrada y regulación	7	2	1	1	1	16	16	No crítico
Compuertas de desfogue	1	2	1	1	1	4	4	No crítico
Radio de comunicación	4	1	1	3	2	8	16	No crítico
Equipo informático	4	1	1	1	4	6	24	Sem icrítico
Antena inalámbrica	4	2	2	1	2	11	22	No crítico

Desarenador

EQUIPOS	IO	FO	CM	ISAH	FF	CO	TOTAL	JERARQUIZACIÓN
Compuertas de entrada	7	2	1	1	1	16	16	No crítico
Compuertas de desvío	1	2	1	1	1	4	4	No crítico
Desarenador	10	1	1	1	1	12	12	No crítico
Sensor de nivel	4	2	1	1	3	10	30	Sem icrítico
Equipo de operación de sensor de nivel	4	1	1	1	3	6	18	Sem icrítico
Antena inalámbrica	4	2	2	1	2	11	22	No crítico

Canales de conducción

EQUIPOS	IO	FO	CM	ISAH	FF	CO	TOTAL	JERARQUIZACIÓN
Canales abiertos y embalsados	10	4	1	1	3	42	126	Crítico
Compuertas de paso	7	2	1	1	1	16	16	No crítico
Puntos de desfogue de agua	7	2	1	1	1	16	16	No crítico

Tanque de presión

EQUIPOS	IO	FO	CM	ISAH	FF	CO	TOTAL	JERARQUIZACIÓN
Compuertas de paso	7	2	1	8	2	23	46	Sem icrítico
Compuerta de desfogue	7	2	1	8	3	23	69	Sem icrítico
Rejillas de filtración	7	2	1	8	3	23	69	Sem icrítico
Radio de comunicación	4	1	1	3	2	8	16	No crítico
Sensor de nivel	4	2	1	1	3	10	30	Sem icrítico
Equipo de operación de sensor de nivel	4	1	1	1	3	6	18	Sem icrítico
Antena inalámbrica	4	2	2	1	2	11	22	No crítico

Tubería de Presión

EQUIPOS	IO	FO	CM	SAH	FF	CO	TOTAL	JERARQUIZACIÓN
Tubería	10	4	2	8	2	50	100	Crítico
Zócalos de cemento	7	2	1	8	1	23	23	No crítico
Compuertas de paso y regulación	7	2	1	8	2	23	46	Sem icrítico

Central

EQUIPOS	IO	FO	CM	SAH	FF	CO	TOTAL	JERARQUIZACIÓN
Válvula de entrada	10	2	1	8	2	29	58	Sem icrítico
Inyectores	10	4	1	8	3	49	147	Crítico
Deflectores	10	4	1	5	3	46	138	Crítico
Regulador de velocidad	10	2	2	7	3	29	87	Sem icrítico
Bandas de transmisión	10	2	1	7	2	28	56	Sem icrítico
Turbina	10	4	2	7	3	49	147	Crítico
Generador	10	4	2	8	2	50	100	Crítico
Excitatriz	10	4	1	7	2	48	96	Crítico
Banco de baterías	7	2	1	3	3	18	54	Sem icrítico
Elementos de maniobra de conmutación	7	4	1	7	2	36	72	Sem icrítico
Elementos de protección	7	4	1	7	2	36	72	Sem icrítico
Sala de mando	10	4	2	8	2	50	100	Crítico
Grúa	1	4	1	3	2	8	16	No crítico
Conductores eléctricos	10	2	2	8	2	30	60	Sem icrítico

Subestación

EQUIPOS	IO	FO	CM	SAH	FF	CO	TOTAL	JERARQUIZACIÓN
Transformador	10	4	2	8	2	50	100	Crítico
Autotransformador	10	4	2	8	2	50	100	Crítico
Elementos de maniobra de conmutación	7	4	1	7	2	36	72	Sem icrítico
Elementos de protección	7	4	1	7	2	36	72	Sem icrítico
Conductores eléctricos	10	2	2	8	2	30	60	Sem icrítico

Fuente: "Auditoria del Mantenimiento Central Hidroeléctrica Alao" LATA; ZAVALA.

3.4 INDICADORES DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

Para la realización de la auditoría del mantenimiento en la central Hidroeléctrica es necesario recopilar la información preliminar del tiempo de indisponibilidad de los grupos de generación, realización de encuestas y conversaciones informales con operadores, técnicos, dirigentes con experiencia en la actividad, así como inspecciones en el sitio. Los datos suministrados por la Empresa se encuentran archivados en Despacho de Carga, quienes registran y recopilan información de los tiempos de operación e indisponibilidad de la Central Alao.

3.4.1 FIABILIDAD PRÁCTICA

Los grupos generadores de la Central Hidroeléctrica Alao, constan de una turbina tipo Pelton acoplado a un generador de corriente alterna de 2,4 MW, el voltaje general de 2400 V, con 790 A, frecuencia de 60 Hz de fases, con 720 RPM, estos valores para cada grupo. Los años promedios de funcionamiento es de 35,5; opera en un ambiente húmedo y trabajo sobre las condiciones reales detectadas y evaluadas a continuación:

3.4.1.1 INSPECCIÓN VISUAL

Cada grupo generador tiene apariencia externa de limpieza impecable con poca deficiencia en su película de pintura, la carcasa y cimentaciones se encuentran en buen estado. La instrumentación es obsoleta de acuerdo a la tendencia actual. Sobre esta base se precede a calificar:



Figura 28.- Grupo # 1 de generación

- | | |
|--|---------------|
| ➤ Toma de Fuerza o condiciones de puesta en servicio | —————→ 8 pts |
| ➤ Conversión de energía y conversiones externas | —————→ 10 pts |
| ➤ Transmisión de energía | —————→ 10 pts |
| ➤ Cimentaciones, carcasa, soporte | —————→ 5 pts |
| ➤ Instrumentación | —————→ 3 pts |

36 pts

3.4.1.2 PRUEBAS Y MEDICIONES



Figura 29.- Instrumental de protección

La potencia producida en los generadores es de 2,6 MW y se encuentra en un 0,9 % por debajo de la potencia nominal que es de 2,624 MW.

Condiciones	Puntaje
5 % bajo o sobre el régimen	28

3.4.1.3 EDA D

Los grupos generadores tienen una edad promedio de 35,5 años de funcionamiento.



Figura 30.- Bornes de salida del generador

Edad (años)	Puntaje
+20	6

3.4.1.4 MEDIO AMBIENTE

Los grupos generadores trabajan en un ambiente húmedo, debido a que utilizan un recurso hídrico para la conversión de energía.



Figura 31.- Limpieza de ductos de la Central

Medio ambiente	Puntaje
Húmedo	8

3.4.1.5 CICLO DE TRABAJO

Los grupos generadores tienen un régimen de trabajo continuo, debido a lo imprescindible del servicio eléctrico para las diversas actividades humanas.



Figura 32.- Grupo generador # 4

Ciclo de trabajo	Puntaje
Trabajo continuo	8

Sumando todos los valores anteriores tenemos:

Tabla XXII.- Resultados de la Fiabilidad Práctica

PARÁMETRO EVALUATIVO	PUNTAJE
Inspección Visual	36
Pruebas y mediciones	28
Edad	6
Medio ambiente	8
Ciclo de trabajo	8
TOTAL	86

Fuente: "Auditoria del Mantenimiento Central Hidroeléctrica Alao" LATA; ZAVALA.

El resultado nos indica la Fiabilidad Práctica de un 86% de los grupos generadores, es decir tienen una probabilidad de trabajo sin fallo de 86%, y de un 14% de probabilidad de trabajo con fallo, en base a esto analizamos el resultado y observamos que el dato es bueno, pero no óptimo, se deberá continuar realizando los trabajos de mantenimiento preventivo previa coordinación con el CENACE para atacar esos puntos que nos ocasionan tales fallos y en el caso de reparaciones imprevistas realizarlas de inmediato, y con un análisis de los modos y efectos de fallo suprimir su aparición, este trabajo es muy necesario debido a la importancia del servicio que brinda la Empresa Eléctrica a la localidad.

3.4.2 FIABILIDAD ESTADÍSTICA

Para el análisis de los grupos generadores de la central hidroeléctrica Alao, se realizó un estudio de los últimos cuatro años, es decir, desde el año 2004 hasta el año 2007.

La fiabilidad está ilustrada en base a su distribución de vida que en esta caso es del tipo Weibull. En el anexo B tenemos recopilados en una tabla de datos todos

los tiempos de buen funcionamiento (TBF), consecuentemente con el número de paradas en todo el año para cada grupo generador para los años 2004, 2005, 2006 y 2007.

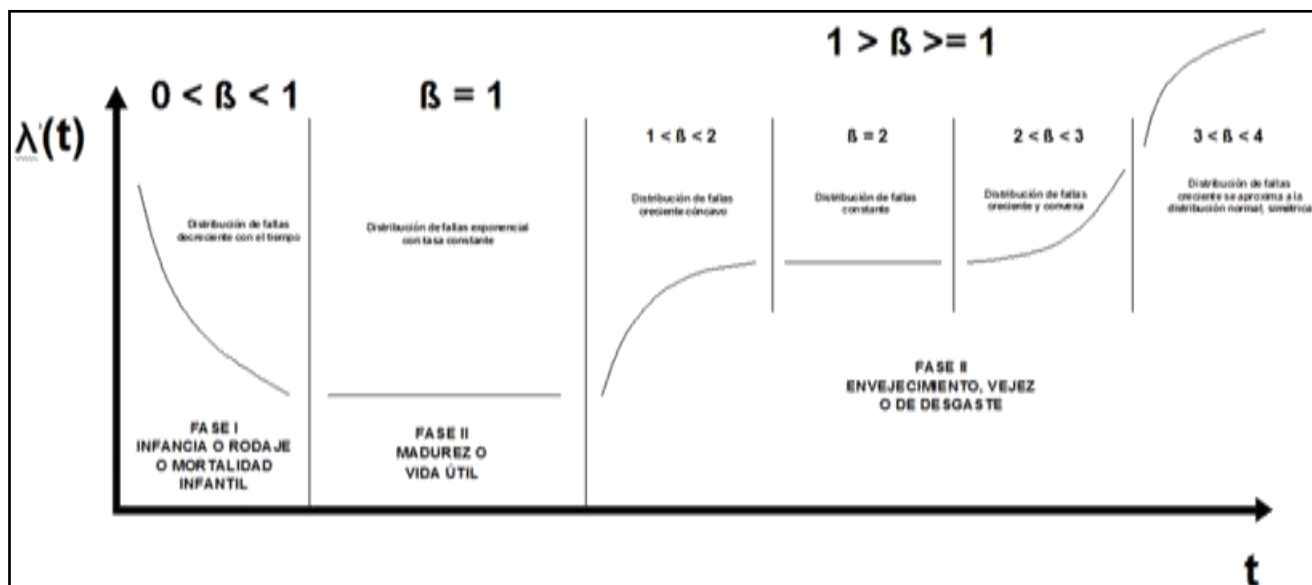
La resolución gráfica a base de determinar un parámetro de origen, de forma y la vida característica del equipo generador estudiado en un papel especial para gráficos, llamado papel de Weibull, se encuentra desarrollado en el anexo C. Esto nos permitirá determinar su tiempo medio de buen funcionamiento TMBF, la tasa de fallos y lo más importante su fiabilidad. Una vez graficado encontramos los siguientes parámetros α y β (parámetros de la ley de Weibull), que representan la vida característica y parámetro de forma respectivamente:

Tabla XXIII.- Vida característica (α) y parámetro de forma (β)

Año Grupo	2004		2005		2006		2007	
	β	α	β	α	β	α	β	α
1	1,4	410	0,8	350	0,9	370	1,6	480
2	1,15	390	1,15	315	1,2	600	1,9	780
3	1,2	560	1,22	590	1,4	620	1,7	620
4	0,8	310	0,45	115	0,95	120	1,5	480

3.4.2.1 PARÁMETRO DE FORMA β

Primera mente con los valores obtenidos del parámetro de forma β , se lo ubica en el gráfico de Davies [2] que está asociada a conceptos de falla y mantenimiento, y nos damos cuenta en que etapa de vida se encuentra:



Fuente: "Fiabilidad de Maquinas" Ing. Zavala W.

Figura 33.- Curva de Davies o de la Bañera

Para la mayoría de los casos el parámetro de forma β , se encuentra en la III fase que es lo correcto si recordamos el tiempo de funcionamiento de estos grupos generadores, en algunos casos se obtienen valores de $\beta < 1$, que representaría que están el período infantil, pero no es así, debido a que hubo tiempo en esos años en que los grupos no operaron por consecuencia en su mayoría por fallas externas, las mismas que se detallan en este mismo capítulo en el tema relacionado a la indisponibilidad.

FASE III.- CARACTERÍSTICAS:

- Más que todo se deben a desgaste y degradaciones, debido a la fricción, malas condiciones de explotación, u otras consideraciones técnicas del tiempo.
- La tasa de falla aumenta sostenidamente.
- En determinado momento, los costos de mantenimiento e indisponibilidad serán tan elevados que el equipo deberá sustituirse. Alternativamente, podría implantarse una política de sustitución de elementos que permitirá aumentar el período de vida útil.

“ACTIVIDAD A REALIZAR: Vigilar y controlar todas las variables técnicas y humanas de mantenimiento. Es la etapa propia para acciones preventivas y modificativas de mantenimiento. Eventualmente pueden usarse acciones correctivas y modificativas, dependiendo de su costo. El LCC⁴ es el principal parámetro con relación al costo de mantener para determinar el momento del reemplazo o modificación sustancial.” [2]

3.4.2.2 TIEMPO MEDIO DE BUEN FUNCIONAMIENTO (TMBF)

$$TMBF = A.\alpha + t_o$$

[9]

⁴ LCC.- Costo del Ciclo de Vida por sus siglas en inglés: Life Cycle Cost.

Tabla XXIV.- Tiempo medio de buen funcionamiento (TMBF) de los grupos generadores

A ñ o	2004				2005				2006				2007			
Grupo	β	α [h]	A	TMBF [h]	β	α [h]	A	TMBF [h]	β	α [h]	A	TMBF [h]	β	α [h]	A	TMBF [h]
1	1,40	410	0,9114	373,67	0,80	350	1,1330	396,55	0,90	370	1,0522	389,31	1,60	480	0,8966	430,37
2	1,15	390	0,9517	371,16	1,15	315	0,9517	299,79	1,20	600	0,9407	564,42	1,90	780	0,8874	692,17
3	1,20	560	0,9407	526,79	1,22	590	0,9314	549,53	1,40	620	0,9114	565,07	1,70	620	0,8922	553,16
4	0,80	310	1,1330	351,23	0,45	115	2,0000	230,00	0,95	120	1,0234	122,81	1,50	480	0,9027	433,30

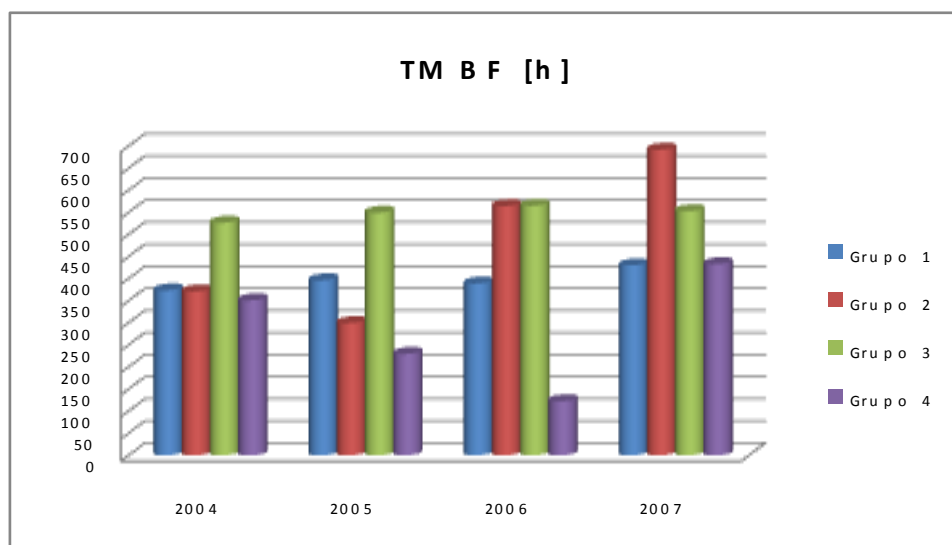


Figura 34.- TMBF de los grupos generadores

La Fiabilidad para el tiempo de buen funcionamiento es la siguiente:

$$R(t) = e^{\left(\frac{t-t_0}{\alpha}\right)^{\beta}}$$

[1]

Tabla XXV.- Fiabilidad de los grupos generadores

A ñ o	2004				2005				2006				2007			
Grupo	β	α [h]	t [h]	R (t) [%]	β	α [h]	t [h]	R (t) [%]	β	α [h]	t [h]	R (t) [%]	β	α [h]	t [h]	R (t) [%]
1	1,40	410	373,67	41,55	0,80	350	396,55	33,12	0,90	370	389,31	35,10	1,60	480	430,37	43,18
2	1,15	390	371,16	38,88	1,15	315	299,79	38,88	1,20	600	564,42	39,48	1,90	780	692,17	45,07
3	1,20	560	526,79	39,48	1,22	590	549,53	39,97	1,40	620	565,07	41,55	1,70	620	553,16	43,88
4	0,80	310	351,23	33,12	0,45	115	230,00	25,51	0,95	120	122,81	35,98	1,50	480	433,30	42,42

Nota.- La fiabilidad está calculada para su tiempo medio de buen funcionamiento.

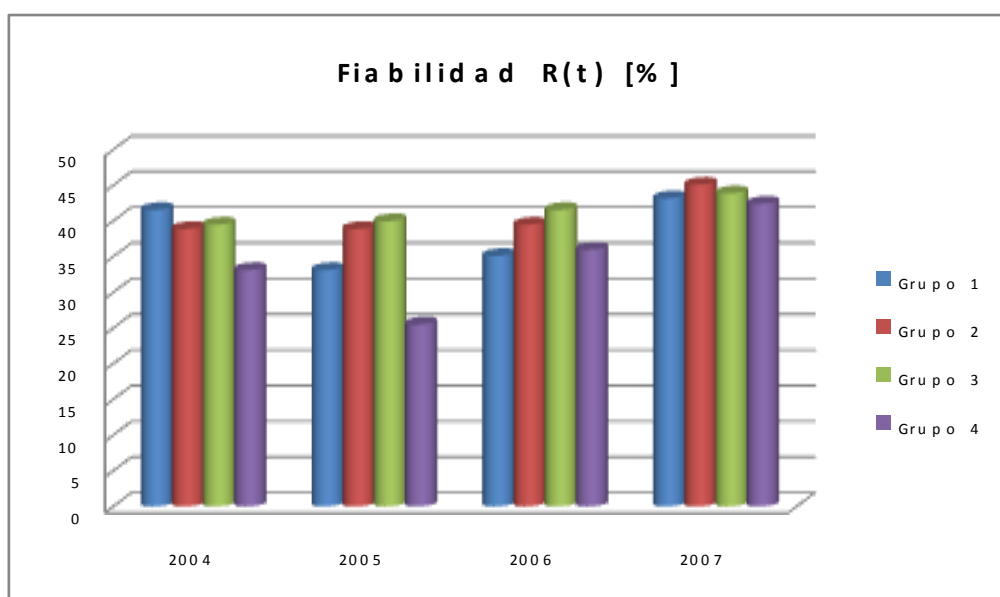


Figura 35.- Fiabilidad de los grupos generadores

3.4.3 TASA DE FALLOS

$$\lambda = \frac{1}{TMBF} \quad [10]$$

Es el número de fallos de los grupos generadores, y es inversamente proporcional al tiempo medio de buen funcionamiento.

Tabla XXVI.- Tasa de fallos de los grupos hidroeléctricos

Año	2004		2005		2006		2007	
Grupo	TMBF [h]	λ [fallos/h]	TMBF [h]	λ [fallos/h]	TMBF	λ [fallos/h]	TMBF [h]	λ [fallos/h]
1	373,67	0,00267613	396,55	0,00252175	389,31	0,00256862	430,37	0,00232359
2	371,16	0,00269423	299,79	0,00333572	564,42	0,00177173	692,17	0,00144473
3	526,79	0,00189828	549,53	0,00181975	565,07	0,0017697	553,16	0,00180778
4	351,23	0,00284714	230,00	0,00434783	122,81	0,00814279	433,30	0,00230789

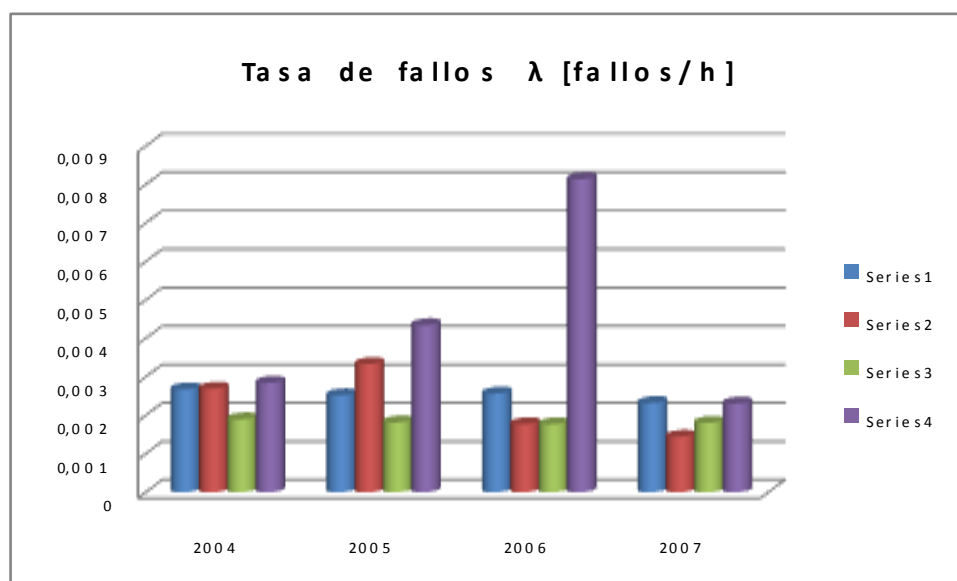


Figura 36.- Tasa de fallos de los grupos generadores

3.4.4 M A N T E N I B I L I D A D

$$M(t) = 1 - e^{-(\mu \cdot t)^{\gamma}} \quad [3]$$

Tabla XXVII.- M a n t e n i b i l i d a d d e l o s g r u p o s

A ñ o	2 0 0 4				2 0 0 5				2 0 0 6				2 0 0 7			
G r u p o	γ	μ [fallos/h]	t repar [h].	M (t) [%]	γ	μ [fallos/h]	t repar [h].	M (t) [%]	γ	μ [fallos/h]	t repar [h].	M (t) [%]	γ	μ [fallos/h]	t repar [h].	M (t) [%]
1	1,4 0	0,0 0 2 6 7 6	240,44	41,69	0,8 0	0,0 0 2 5 2 2	190,70	42,69	0,9 0	0,0 0 2 5 6 9	102,55	25,99	1,6 0	0,0 0 2 3 2 4	86,35	7,3 7
2	1,1 5	0,0 0 2 6 9 4	176,56	34,66	1,1 5	0,0 0 3 3 3 6	105,28	25,93	1,2 0	0,0 0 1 7 7 2	80,34	9,19	1,9 0	0,0 0 1 4 4 5	75,42	1,4 7
3	1,2 0	0,0 0 1 8 9 8	73,16	8,93	1,2 2	0,0 0 1 8 2 0	75,39	8,48	1,4 0	0,0 0 1 7 7 0	52,52	3,53	1,7 0	0,0 0 1 8 0 8	136,59	8,8 6
4	0,8 0	0,0 0 2 8 4 7	56,34	20,65	0,4 5	0,0 0 4 3 4 8	84,51	47,13	0,9 5	0,0 0 8 1 4 3	42,34	30,48	1,5 0	0,0 0 2 3 0 8	136,52	16,21

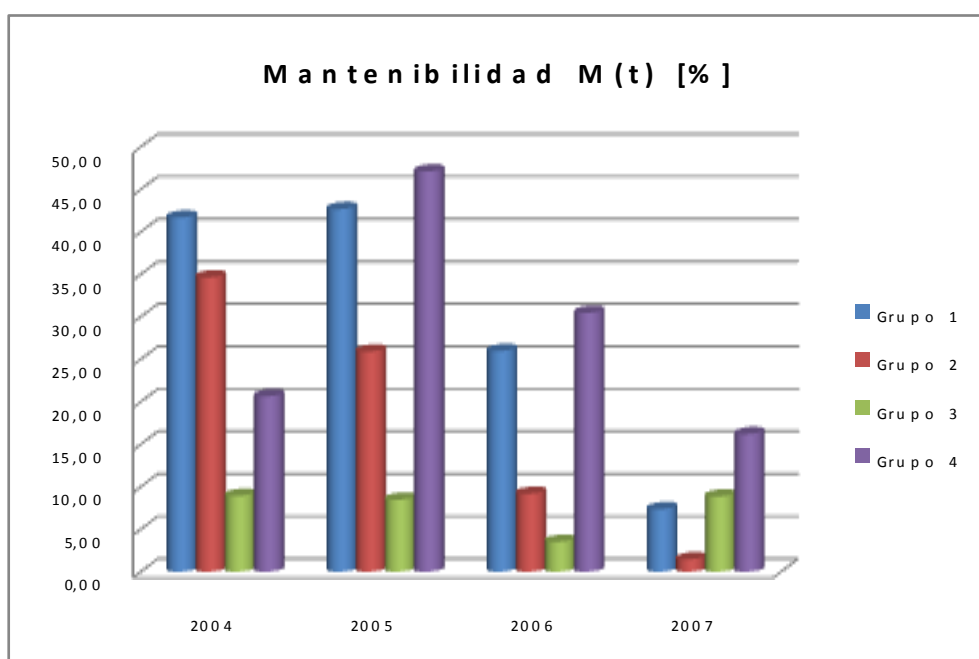


Figura 37.- Mantenibilidad de los grupos generadores

3.4.5 DISPONIBILIDAD

$$Disponibilidad = \frac{\text{tiempo total} - \text{tiempo fuera de servicio}}{\text{tiempo total}} \quad [2]$$

Tabla XXVIII.- Disponibilidad de los grupos generadores

Año	2004					2005				
Grupo	INDISP. [%] CONDUCCIÓN	INDISP. [%] GENERACIÓN	INDISP. [%] TRANSMISIÓN	INDISP. TOTAL [%]	DISP. TOTAL [%]	INDISP. [%] CONDUCCIÓN	INDISP. [%] GENERACIÓN	INDISP. [%] TRANSMISIÓN	INDISP. TOTAL [%]	DISP. TOTAL [%]
1	3,03	2,74	0,02	5,79	94,21	3,76	2,18	0,00	5,94	94,06
2	0,82	2,02	0,05	2,89	97,11	0,70	1,20	0,00	1,90	98,10
3	3,39	0,84	0,08	4,31	95,69	1,93	0,86	0,01	2,80	97,20
4	12,51	0,64	0,11	13,26	86,74	20,33	0,96	0,00	21,29	78,71
Año	2006					2007				
Grupo	INDISP. [%] CONDUCCIÓN	INDISP. [%] GENERACIÓN	INDISP. [%] TRANSMISIÓN	INDISP. TOTAL [%]	DISP. TOTAL [%]	INDISP. [%] CONDUCCIÓN	INDISP. [%] GENERACIÓN	INDISP. [%] TRANSMISIÓN	INDISP. TOTAL [%]	DISP. TOTAL [%]
1	5,42	1,17	0,10	6,69	93,31	2,07	0,99	0,35	3,40	96,60
2	0,14	0,92	0,07	1,13	98,87	0,16	0,86	0,35	1,37	98,63
3	0,00	0,60	0,10	0,70	99,30	6,58	1,56	0,12	8,25	91,75
4	14,56	0,48	0,16	15,20	84,80	15,46	1,56	0,39	17,41	82,59

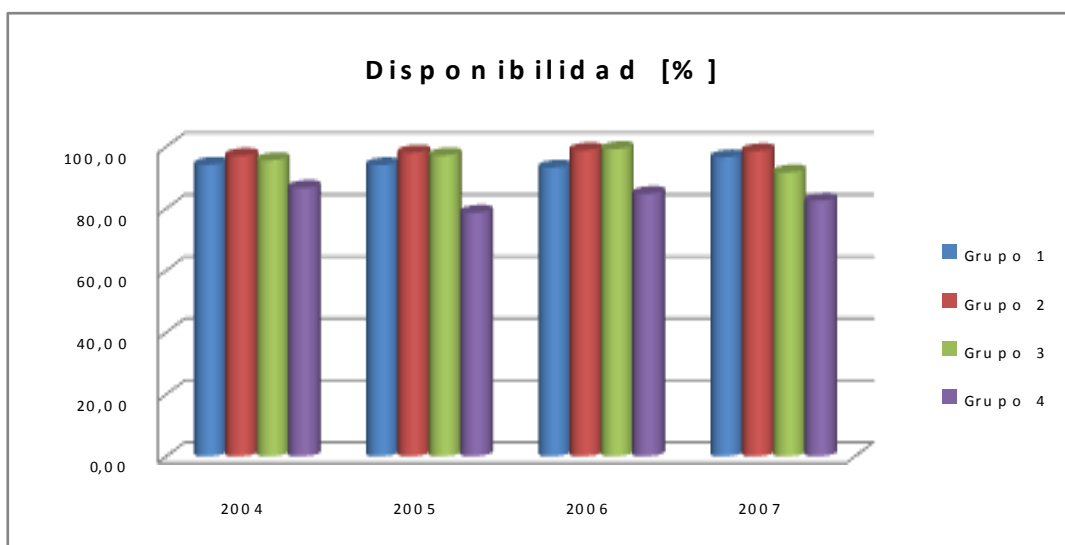


Figura 38.- Disponibilidad de los grupos

3.4.6 COSTOS

3.4.6.1 COSTOS DE MANTENIMIENTO POR FACTURACIÓN

$$CMFT = \frac{CTMN}{FTEP} * 100$$

[4]

Los valores CTMN (Costos Total de Mantenimiento) y FTEP (Facturación de la Empresa) se pueden comprobar en las tablas del anexo D de acuerdo a datos proporcionados por la empresa.

Tabla XXIX.- Costos de Mantenimiento por Facturación

A ñ o	2004			2005			2006			2007		
Central	CTMN [\$]	FTEP [\$]	CMFT [%]	CTMN [\$]	FTEP [\$]	CMFT [%]	CTMN [\$]	FTEP [\$]	CMFT [%]	CTMN [\$]	FTEP [\$]	CMFT [%]
Alao	757950,56	2115513,01	35,83	603403,79	1683593,66	35,84	556177,99	1628651,92	34,15	783110,47	1949801,28	40,16

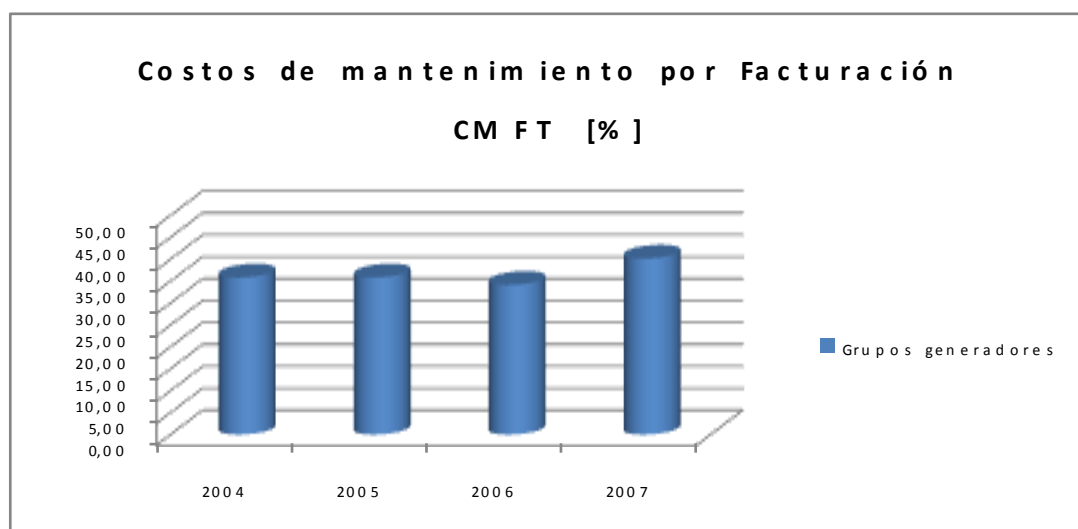


Figura 39.- CMFT de los grupos generadores

3.4.6.2 COSTO DE MANTENIMIENTO POR EL VALOR DE REPOSICIÓN

$$CMRP = \frac{\sum CTMN}{VLRP} * 100$$

[5]

Tabla XXX.- Costos de Mantenimiento por Valor de Reposición

Año	2004			2005			2006			2007			TOTAL (4 AÑOS)
Central	CTMN [\$]	VLRP [\$]	CMRP [\$]	CTMN [\$]	VLRP [\$]	CMFT [\$]	CTMN [\$]	VLRP [\$]	CMFT [\$]	CTMN [\$]	VLRP [\$]	CMFT [\$]	CMFT [\$]
A la o	757950,56	4000000,00	18,95	603403,79	4000000,00	15,09	556177,99	4000000,00	13,90	783110,47	4000000,00	19,58	67,52

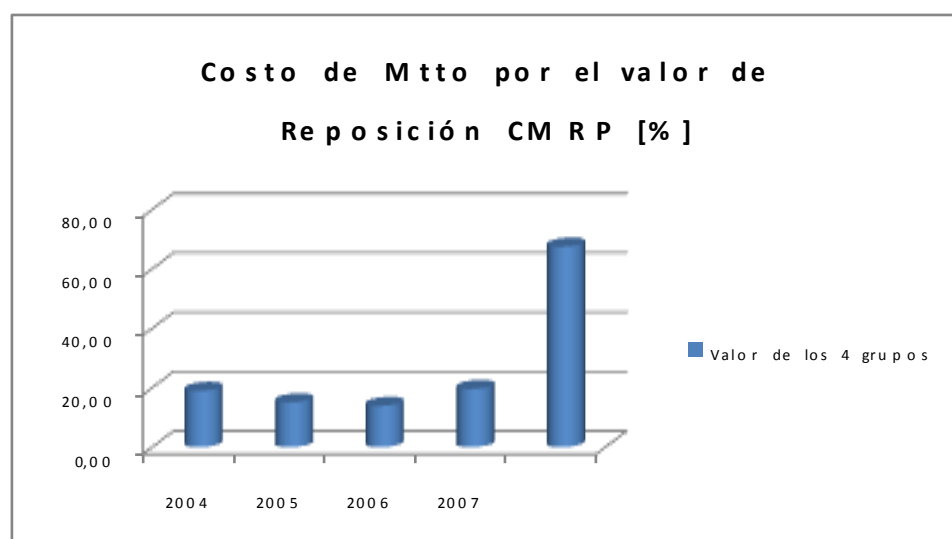


Figura 40.- CMRP de la central

Nota.- El valor del equipo nuevo es aproximado según información proporcionada por el departamento de planificación de la empresa.

3.5 CUESTIONES DE AUTOANÁLISIS: METODOLOGÍA Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS

En el anexo A aparecen los doce bloques de autoanálisis que contemplan 114 preguntas claves, con las que diagnosticamos la situación del Área de Mantenimiento.

Cada pregunta tiene una valoración entre 0, 10, 20, 30 y 40 puntos, dependiendo de la trascendencia que la misma tiene sobre el bloque analizado.

Una vez aplicado el banco de preguntas de autoanálisis en los diferentes niveles jerárquicos del área estudiada, proyectaron los siguientes resultados:

JEFE DE ÁREA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Tabla XXXI.- Resultados de Jefe de Área

Jefe de Área		Ing. Jhonny Vizuite			
Temas	Puntaje		Espacios a mejorar		Máximo posible
	#	%	#	%	#
					% permisible
Organización general	150	65	80	35	230 50
Métodos y sistemas de trabajo	115	52	105	48	220 50
Control técnico de instalaciones y equipos	185	66	95	34	280 50
Gestión de la carga de trabajo	150	54	130	46	280 50
Compra y logística de repuestos y equipos	15	8	165	92	180 50
Sistemas informáticos	120	48	130	52	250 50
Organización del taller de mantenimiento	120	75	40	25	160 50
Herramientas y medios de prueba	35	25	105	75	140 50
Documentación técnica	145	91	15	9	160 50
Personal y formación	305	82	65	18	370 50
Contratación	215	77	65	23	280 50
Control de la actividad	125	63	75	38	200 50

JEFE DE MANTENIMIENTO

Tabla XXXII.- Resultados de Jefe de Mantenimiento

Jefe de Mantenimiento		Ing. Ludwing Loza			
Temas	Puntaje		Espacios a mejorar		Máximo posible
	#	%	#	%	#
					% permisible
Organización general	150	65	80	35	230 50
Métodos y sistemas de trabajo	95	43	125	57	220 50
Control técnico de instalaciones y equipos	185	66	95	34	280 50
Gestión de la carga de trabajo	120	43	160	57	280 50
Compra y logística de repuestos y equipos	70	39	110	61	180 50
Sistemas informáticos	120	48	130	52	250 50
Organización del taller de mantenimiento	120	75	40	25	160 50
Herramientas y medios de prueba	75	54	65	46	140 50
Documentación técnica	110	69	50	31	160 50
Personal y formación	305	82	65	18	370 50
Contratación	250	89	30	11	280 50
Control de la actividad	125	63	75	38	200 50

ASISTENTE DE INGENIERÍA

Tabla XXXIII.- Resultados de Asistente de Ingeniería

Asistente Temas	Ing. Víctor Loya				
	Puntaje		Espacios a mejorar		Máximo posible
	#	%	#	%	# % permisible
Organización general	180	78	50	22	230 50
Métodos y sistemas de trabajo	95	43	125	57	220 50
Control técnico de instalaciones y equipos	90	32	190	68	280 50
Gestión de la carga de trabajo	120	43	160	57	280 50
Compra y logística de repuestos y equipos	75	42	105	58	180 50
Sistemas informáticos	70	28	180	72	250 50
Organización del taller de mantenimiento	100	63	60	38	160 50
Herramientas y medios de prueba	80	57	60	43	140 50
Documentación técnica	110	69	50	31	160 50
Personal y formación	220	59	150	41	370 50
Contratación	220	79	60	21	280 50
Control de la actividad	200	100	0	0	200 50

OPERADORES

La puntuación siguiente es el promedio de los 3 grupos de operadores.

Tabla XXXIV.- Resultados de Operadores

OPERADORES Temas	Tres grupos				
	Puntaje		Espacios a mejorar		Máximo posible
	#	%	#	%	# % permisible
Organización general	77	33	153	67	230 50
Métodos y sistemas de trabajo	30	14	190	86	220 50
Control técnico de instalaciones y equipos	27	10	253	90	280 50
Gestión de la carga de trabajo	70	25	210	75	280 50
Compra y logística de repuestos y equipos	70	39	110	61	180 50
Sistemas informáticos	0	0	250	100	250 50
Organización del taller de mantenimiento	90	56	70	44	160 50
Herramientas y medios de prueba	75	54	65	46	140 50
Documentación técnica	0	0	160	100	160 50
Personal y formación	140	38	230	62	370 50
Contratación	250	89	30	11	280 50
Control de la actividad	30	15	170	85	200 50

Fuente: "Auditoria del Mantenimiento Central Hidroeléctrica Alao" LATA; ZAVALA.

3.5.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

En las siguientes figuras se representa de manera gráfica los datos obtenidos de las encuestas realizadas, para lo cual se realizó un mallado o trama como en ellos se simboliza mediante ejes separados 30°, los doce bloques temáticos abordados, estos valores se transformaron en porcentaje para obtener un malla uniforme, y se establece también un área concéntrica de 50% de dichas puntuaciones que consideramos como el mínimo para considerar aprobado o suficiente el tema en cuestión. Tras ello, se refleja mediante puntos los valores totales obtenidos en cada cuestionario. Aquellos que se encuentren por debajo de la malla del 50% serán temas a alertarnos y tomados muy en cuenta para emitir un lineamiento mejorativo, que se estudiarán en el siguiente capítulo.

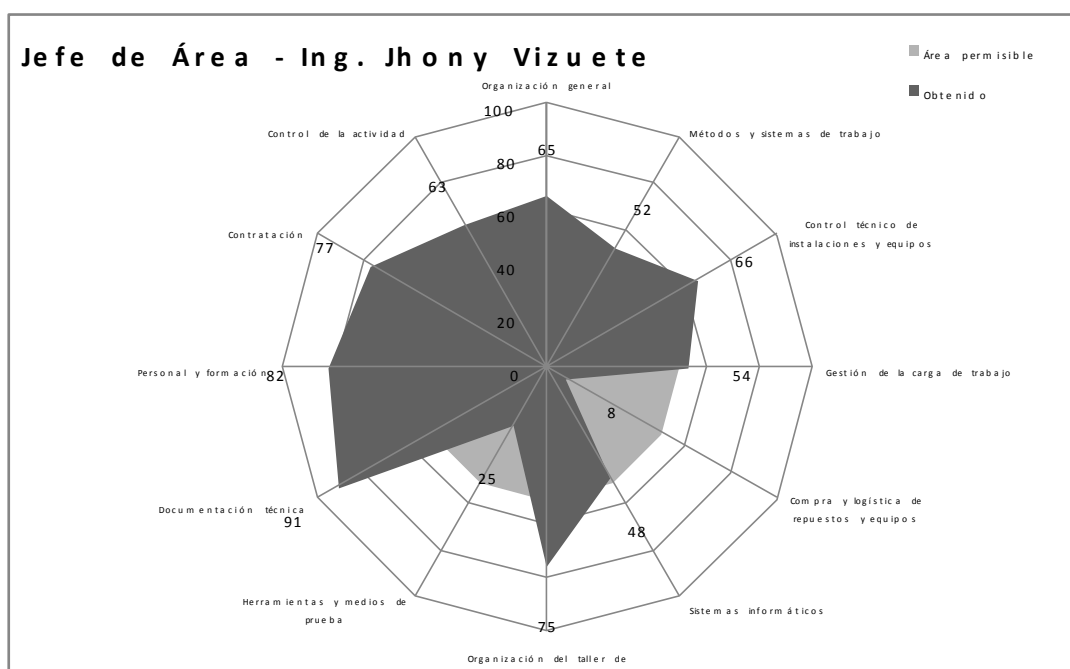


Figura 41.- Resultado gráfico de Jefe de Área

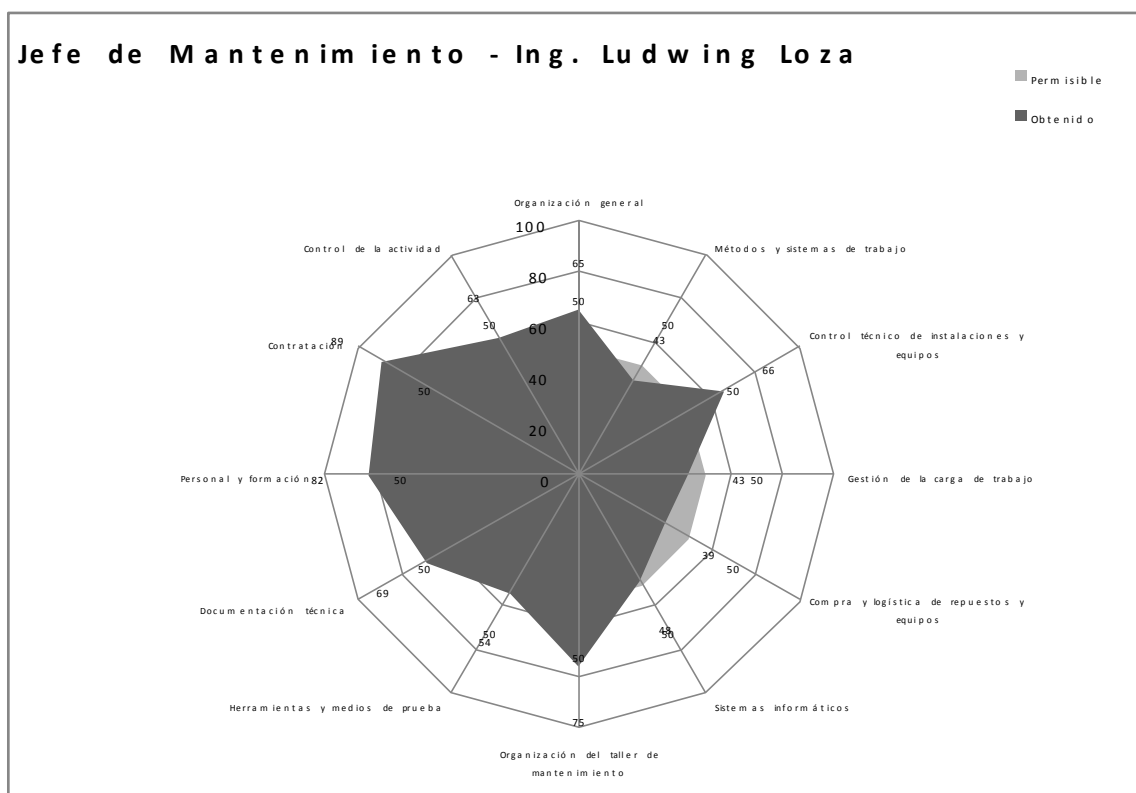


Figura 42.- Resultado gráfico de Jefe de Mantenimiento

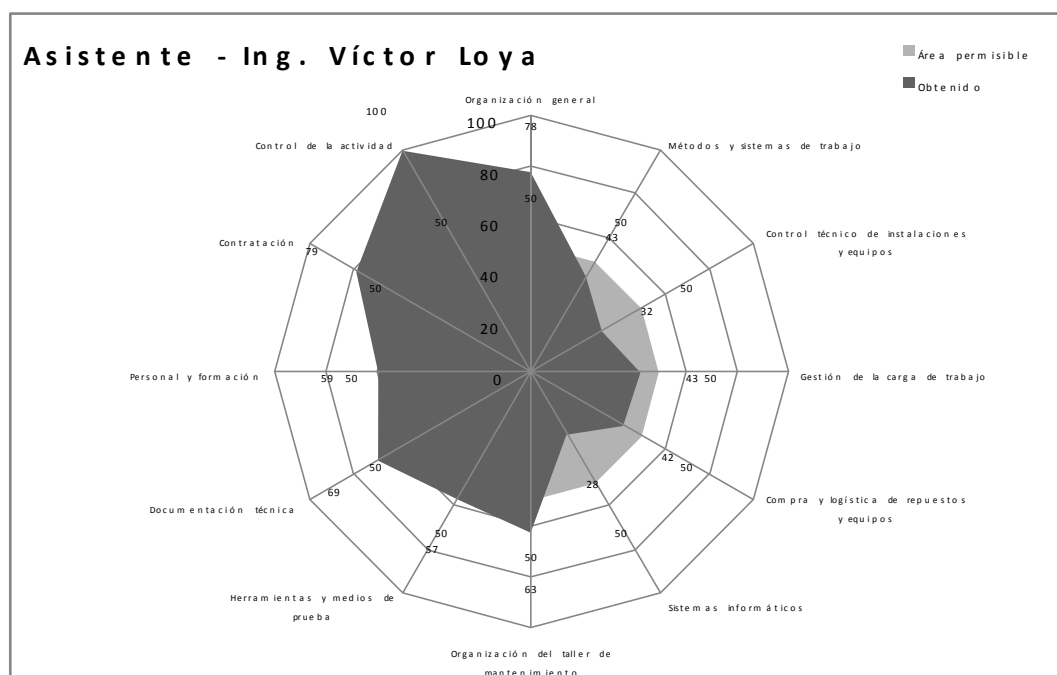


Figura 43.- Resultado gráfico de Asistente de Ingeniería

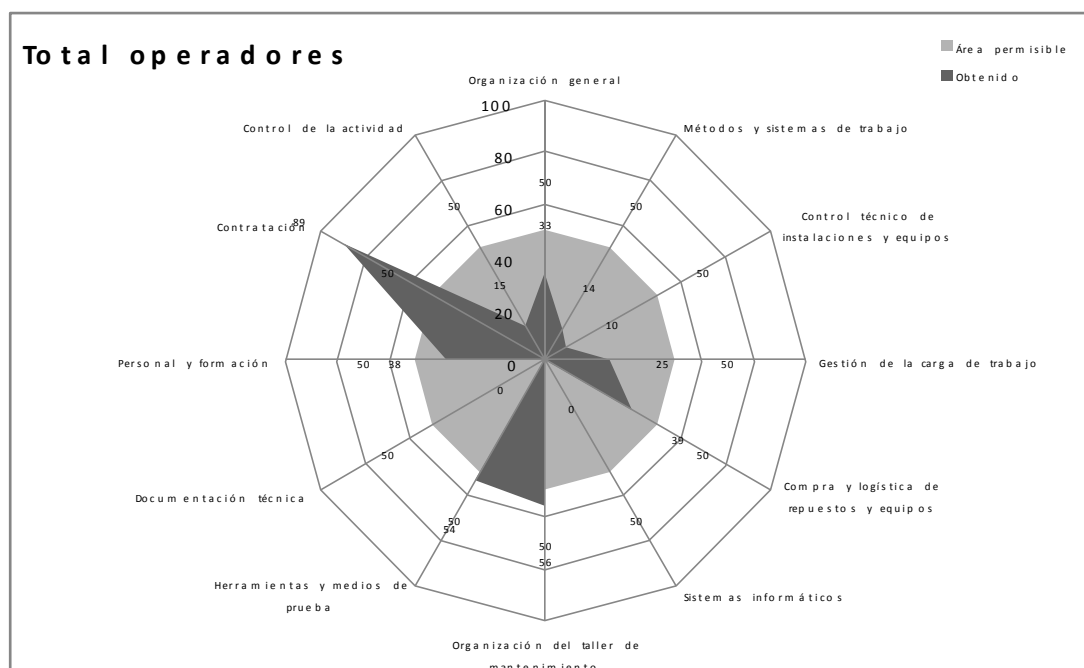


Figura 44.- Resultado gráfico de Operadores

3.6 ANÁLISIS DEL ESTILO DE GESTIÓN

En el Anexo E se encuentran las preguntas para este análisis, para cada pregunta sólo puede elegirse una de las dos respuestas posibles (conforme o no conforme).

El análisis se hace con la ayuda de la siguiente tabla de cálculo que aporta los puntos de integración y de permisividad.

Tabla XXXV.- Puntos de Integración y Permisividad

RESPUESTAS		Puntos de integración	Puntos de permisividad	RESPUESTAS		Puntos de integración	Puntos de permisividad
		I	P			I	P
1	Conforme	2	0	22	Conforme	1	1
2	No conforme	0	1	23	No conforme	1	0
3	No conforme	1	0	24	No conforme	2	0

4	Conforme	1	1	25	Conforme	0	1
5	No conforme	1	0	26	No conforme	1	1
6	Conforme	1	0	27	Conforme	1	1
7	No conforme	0	2	28	No conforme	0	2
8	Conforme	0	2	29	Conforme	2	0
9	No conforme	0	1	30	No conforme	0	1
10	No conforme	2	0	31	No conforme	0	1
11	Conforme	0	2	32	Conforme	1	1
12	Conforme	1	0	33	Conforme	0	2
13	No conforme	1	1	34	No conforme	0	1
14	No conforme	2	0	35	No conforme	1	0
15	No conforme	0	1	36	No conforme	1	1
16	No conforme	1	0	37	No conforme	0	1
17	No conforme	1	0	38	No conforme	0	1
18	No conforme	0	2	39	No conforme	2	0
19	No conforme	1	0	40	No conforme	1	1
20	Conforme	0	2	41	Conforme	0	1
21	No conforme	2	0				

Para el análisis del estilo de gestión de la empresa es muy conveniente reflejar la puntuación obtenida de una forma gráfica, como se dijo en el marco conceptual. Los valores obtenidos de cada una de las personas involucradas en el Área de Mantenimiento y Generación es el siguiente:

Tabla XXXVI.- Resultados del Cuestionario del Tipo de Gestión

Persona encuestada	Puntos obtenidos	
	Integración	Permisividad
Ing. Jhonny Vizuete	28	27
Ing. Ludwig Loza	26	21
Ing. Víctor Loya	17	15
Promedio	23,67	21

Tabla XXIV - XXXVI Fuente: "Auditoría del Mantenimiento Central Hidroeléctrica Alao" LATA; ZAVALA.

Una vez obtenido el resultado ubicamos los puntajes en los ejes de Integración y Permisividad, para determinar en que cuadrante se encuentra:

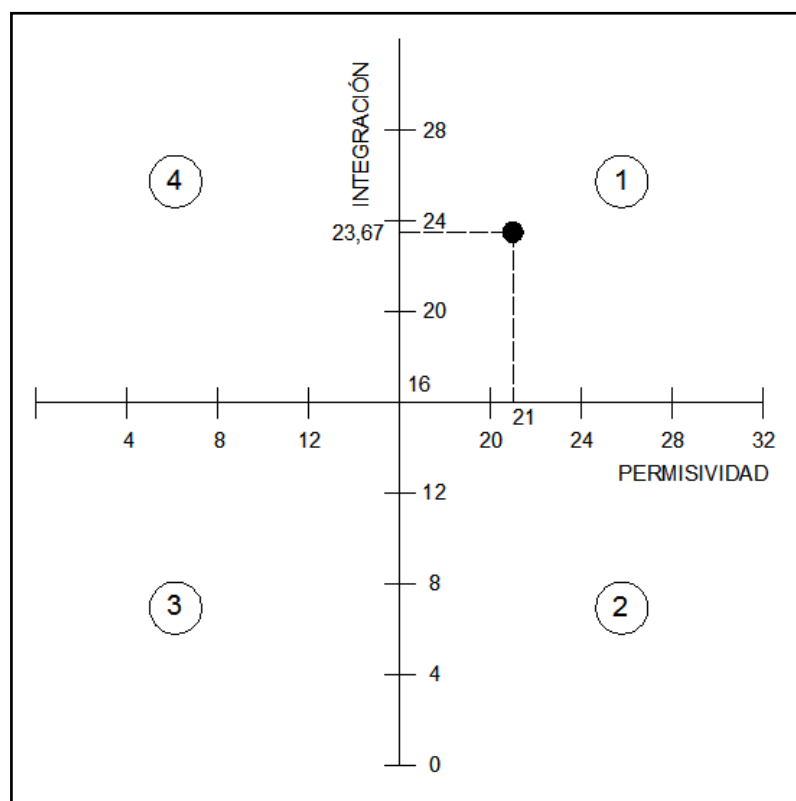


Figura 45.- Resultado gráfico de Estilo de Gestión

Con el puntaje promedio de las tres personas encuestadas, representados en el gráfico anterior y nos damos cuenta que recae en el primer cuadrante, el mismo que representa un estilo de gestión ORGÁNICO que representa predominio de la actividad y preponderancia del interés general.

En base a los resultados anteriores del análisis auditorio del mantenimiento se estructura el siguiente capítulo en el que consta de lineamientos mejorativos y la definición de un tipo de mantenimiento para resolver los problemas detectados.

CAPÍTULO IV

LINEAMIENTOS MEJORATIVOS

4.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS LÍNEAS DE MEJORA

Tras haber cumplido todo el proceso de auditoría de Mantenimiento y, para una más fácil comprensión y exposición de los resultados obtenidos al haberlos representado gráficamente, tendremos que identificar qué bloques son los más representativos por sus malos resultados y plantear mejoras.

“El cuestionario, con sus 114 preguntas debe tomarse como una muestra o diagnóstico precoz de un problema cuyas dimensiones todavía no están realmente cuantificadas.” [1]

4.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El siguiente gráfico es el resultado de los puntajes promedios alcanzados por cada grupo de las personas implicadas en el área de generación.

Como se puede apreciar en el gráfico existe un área que abarca el 50% de todos los parámetros evaluados, y como se dijo anteriormente lo consideramos como el área mínima para ser permisible. En el gráfico, vemos que solo los siguientes bloques, cumplen con dicha medida:

- Organización general (56,76%),
- Control de la actividad (52,92%),

- Contratación (83,33 %),
- Personal y Formación (63,74 %),
- Organización del taller de Mantenimiento (66,76 %) y
- Documentación Técnica (53,13 %); cumplen con este requisito.

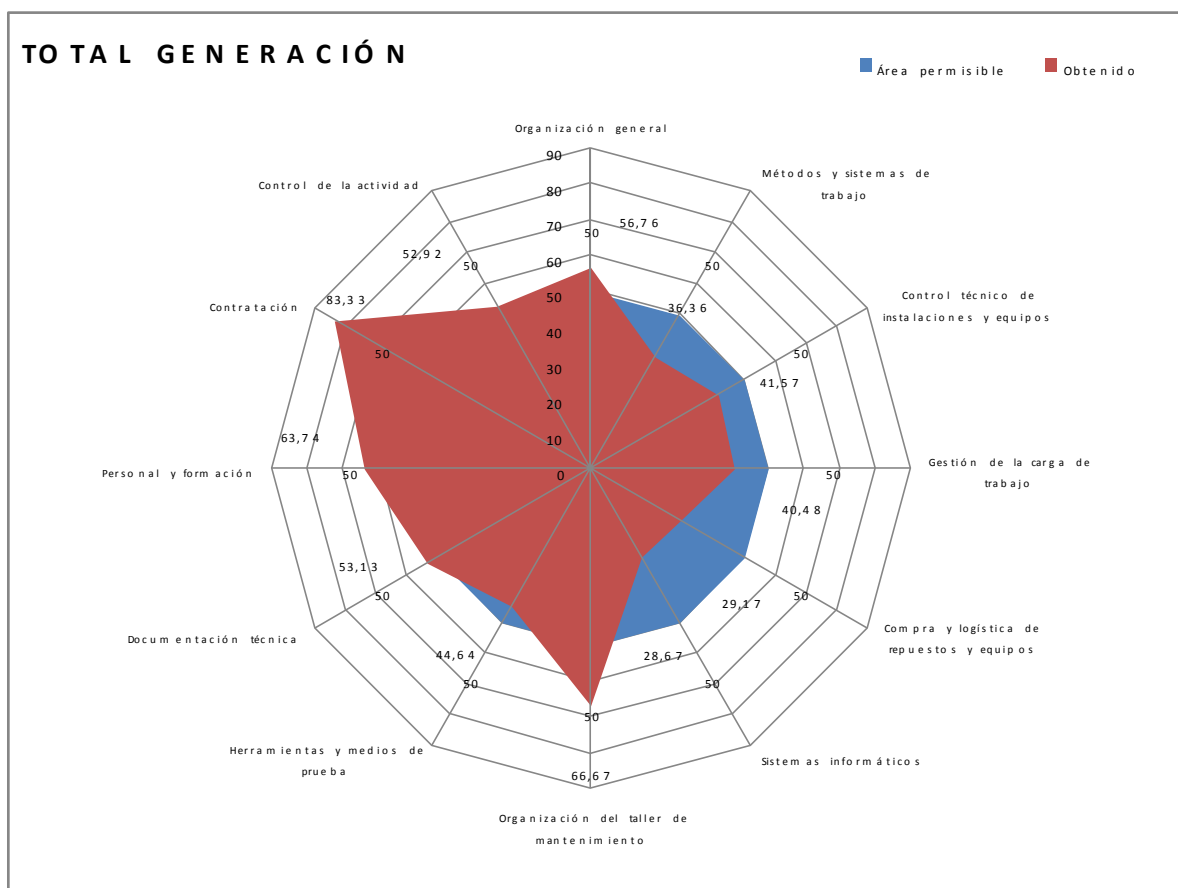


Figura 46.- Resultado total de la encuesta

Fuente: "Auditoría del Mantenimiento Central Hidroeléctrica Alao" LATA; ZAVALA.

Los siguientes bloques son los que representan problemas, por lo que están sujetos a mejora:

- Compra y logística de repuestos y equipos
- Control técnico de instalaciones y equipos
- Métodos y sistemas de trabajo

- Gestión de la carga de trabajo
- Sistemas informáticos
- Herramientas y medios de prueba

Ahora bien, no todos los parámetros anteriores se repiten en todas las encuestas (Jefe de generación y operadores), debido a dos causas fundamentales:

- Que el responsable máximo no tiene una percepción realista de los problemas dado que muchas veces se queda "amortiguado" en mandos intermedios y/o operadores.
- Los operadores no tienen un conocimiento claro de lo que verdaderamente la empresa tiene y las está ejecutando, debido tal vez a que ellos no puedan verlo o no se los hace partícipes.

Se plantea a continuación un análisis de las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades de aquellos bloques que no cumplieron el mínimo de puntaje en todos los niveles encuestado, como lo son:

- Compra y logística de repuestos y equipos
- Sistemas informáticos
- Herramientas y medios de prueba

4.3 ANÁLISIS DAFO EN MANTENIMIENTO

Como es difícil obtener una coincidencia plena en el diagnóstico de problemas en equipo y también en el siguiente proceso de análisis de causas, es muy recomendable intentar reflejar por cada "bloque débil" un análisis **DAFO**, que identifica y contempla los siguientes parámetros:

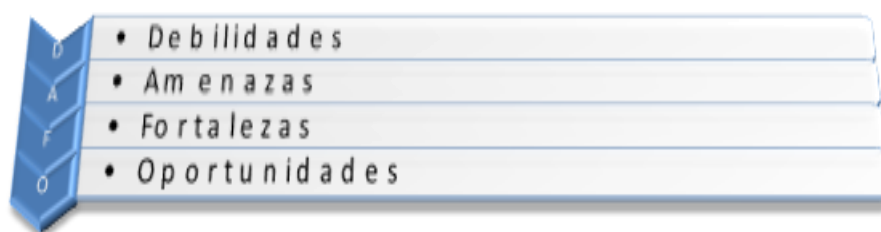


Figura 47.- Objetivos del Análisis DAFO [1]

En este caso, y ya identificados los bloques mejorables, es muy conveniente analizar el entorno que condiciona (positiva o negativamente) cada bloque y, por tanto, las posibilidades de éxito de cualquier objetivo de mejora en el que se está pensando.

El análisis en la Central Hidroeléctrica Alao con respecto a sus "bloques débiles" es el siguiente:

Tabla XXXVII.- DAFO Compra y Logística de repuestos y equipos

COMPRA Y LOGÍSTICA DE REPUESTOS Y EQUIPOS			
No hay facilidad en adquisición de repuestos y equipos			
	<ul style="list-style-type: none"> • La ciudad no representa un gran núcleo industrial. • No contar con la mayoría de repuestos en bodega. • Tiempo de adquisición demasiado lento 	<ul style="list-style-type: none"> • Los equipos ya cumplieron su vida útil. • Varias veces se reparan los mismos repuestos y equipos. • Los repuestos y equipos ya no brindan confiabilidad. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Las empresas proveedoras presentan sus ofertas de forma detallada. • Oferta que cumple las mejores expectativas son los encargados de proveer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las empresas ofertantes brindan cursos de capacitación para nuevos equipos. • Estandarizar los repuestos y equipos. • Conocer todas las casas proveedoras de repuestos y equipos. 	

Tabla XXXVIII.- DAFO Herramientas y medios de prueba

HERRAMIENTAS Y MEDIOS DE PRUEBA			
Falta de verificación y calibración de herramientas especiales			
	<ul style="list-style-type: none"> • Los equipos no garantizan todas sus medidas y protección. • Los equipos no se utilizan al máximo de sus funciones. • No se cuenta con todo el equipo para operación de los mismos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de capacitación en su utilización, representando riesgos. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Gran facilidad para encontrar herramientas y medios de prueba en el país. • Existen técnicos especializados en diferentes equipos 	<ul style="list-style-type: none"> • Presupuesto suficiente para adquisición de nuevos equipos. • Capacitación del personal 	

Tabla XXXIX.- DAFO Sistemas informáticos

SISTEMAS INFORMÁTICOS			
FALTA DE APLICACIÓN DEL SOFTWARE			
	<ul style="list-style-type: none"> • Limitado número de personal autorizado para el manejo de software. • Falta de conocimiento de aplicación del software. • Poca participación de operadores para manejo del mismo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrecarga del trabajo administrativo. • Inconvenientes el uso del software por bajo conocimientos de computación. • Baja gestión de mantenimiento 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Paquetes computacionales con grandes aplicaciones para gestión del mantenimiento y control operacional. • Menos riesgos de accidentes. • Optimización del tiempo. • Conocimiento y participación de todos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación al personal por parte de los proveedores del software. • Competir con otras empresas generadoras • Trabajar con sistemas de mantenimiento computarizados. • Modernización en la operación y mantenimiento de la central. 	

Tabla XXXVII-XXXIV Fuente: "Auditoria del Mantenimiento Central Hidroeléctrica Alao" LATA; ZAVALA.

Mediante este análisis, debemos aprovechar las OPORTUNIDADES Y FORTALEZAS que nos ayudarán a seguir y mejorar esas líneas. Mientras que las DEBILIDADES Y AMENAZAS deben ser tomadas muy en cuenta con el objetivo de reducirlas y eliminarlas.

4.4 PLAN DE ACCIÓN

Para cada uno de los bloques de baja puntuación está estructurado un plan de acción cuyo propósito es mejorar la gestión del mantenimiento de la empresa:

Control Técnico de Instalaciones y Equipos

- Implantar una codificación debidamente estructurada de: central, zona, equipos y componentes; que es muy fundamental para temas como inventario y soportar todas las actividades sobre los mismos con base informático actual de la empresa que es punto débil también detectado, que se lo verá posteriormente. Sin una codificación adecuada será imposible (o extremadamente arduo y tedioso) sacar estadísticas por equipamientos, cruzar bases de datos por síntomas, operarios, fechas, etc., y otras múltiples obtenciones de informes y estadísticas cruciales a la tomar decisiones sobre nuevas reformas, incrementos o decrementos de preventivos, renovaciones de equipos, etc.

- Disponer en cada equipo, máquina e instalación una hoja característica básica conforme a las directivas de máquinas y conforma a la operativa racional del personal de operación y mantenimiento. Se lo debe disponer en un lugar totalmente accesible y visible.

- Tener un control técnico de todos las áreas e inventarios en el que exista la disposición de un procedimiento escrito y materializado realmente que obligue a todos: personal propio y/o tercerizados, a actualizar la documentación de las máquinas cada vez que en ellas se intervengan de forma modificativa, se cambie un circuito eléctrico, se dupliquen unos contactos, se actualice una versión de software, se plantee una protección, se cambie otro tipo de conductor eléctrico, etc. Obviamente el reflejo riguroso y controlado de estas

modificaciones en manuales, planos y restos de documentos, evidenciará un control y organización técnica adecuada.

- Poseer un archivo informático o en el último de los casos en papel de cada equipo o instalación. Este archivo debe reflejar el historial o vida de la máquina durante toda su vida. Partiendo desde el proceso de compra y contratación con número de contratos, pedidos, suministradores con sus direcciones de contacto, así como la historia preventiva y correctiva llevada a cabo sobre la misma: revisiones periódicas, estadísticas de fallos y reparaciones defectuosas, subconjuntos o elementos sustituidos.
- Disponer de un análisis de averías y modos de fallos. Hay diversos métodos para llevarlo a cabo como el AMEF (Análisis de los Modos y Efectos de Fallo) que es una herramienta del MCC (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad), lo que nos permitirá relacionar unos fallos con otros y con potenciales anomalías ocultas.
- Registrar las horas-hombre y repuestos que invertimos en mantenimiento correctivo y preventivo, equipo a equipo; teniendo como objetivo conocer la curva de costos totales de mantenimiento y cómo ésta se distribuye en costos de preventivo más costos de correctivo. Con lo que dispondremos de una herramienta fundamental a la hora de hacer análisis y propuestas sobre mejoras de mantenimiento, reducción de fallos, etc.

- Es necesario que toda la información y actualización documental que se ha reflejado en las cuestiones antes expuestas, sea objeto de una responsabilidad clara por parte de un Estamento y persona del Área de Generación y Mantenimiento.

Métodos y Sistemas de trabajo

- Para las pequeñas revisiones preventivas en las que interviene un agente con una rutina de trabajo y en la que invierte 1 o 2 horas, no necesitan de una planificación y coordinación detallada de actividades. Cuando nos referimos a intervenciones importantes las mismas que son coordinadas con el CENACE se deberá disponer de una planificación que sistematizadas en el tiempo asignándoles prioridades, tiempos de trabajo, responsables, etc.
- Describir la forma de acometer determinados trabajos dificultosos que representan riesgos, comprobaciones, etc., ya que como se sabe en una central hidroeléctrica se maneja tensiones e intensidades muy altas.
- Disponer de equipos, componentes y repuestos normalizados al máximo, ya que como todos sabemos de la complejidad y problemas que muy a menudo acarrea la búsqueda y localización de determinados componentes y subconjuntos, y es obvio, por tanto, que cuánto más normalizados tengamos los mismos, sobre todo en aquellos elementos más sometidos a desgastes y averías (pulsadores, lámparas, aceites, deflectores, inyectoras, turbina, etc.), más fácil y racional será la actividad de mantenimiento.

- Tener tiempos de trabajo para las actividades preventivas, o cuanto menos una base histórica de las actividades correctivas. Disponer de un técnico que se encargue de su actualización; introducción de nuevos procedimientos, métodos operativos y uso de herramientas de trabajo.

- Disponer las piezas adecuadamente y guardadas en bodega, tanto las consideradas como de inventario así como las piezas y repuestos fungibles, debe considerarse como un aspecto básico de la organización. Así mismo, cuando se vaya a realizar una intervención, todas las piezas de cambio que se vaya a utilizar, se encuentren dispuestas en un kit o conjunto preparado de repuestos, lo que permitirá no perder tiempo y optimizar la generación.

- La documentación debe estar accesible hacia los operadores y técnicos que deben encontrarse en la central, y al estar debidamente clasificada, ordenada, codificada, con soporte informático; será accesible, fácil y amigable.

Gestión de la carga de trabajo

- Debe existir un único y concreto responsable (persona o área) para el control y actualización del conjunto de las acciones de mantenimiento preventivo.

- Fijar la máxima responsabilidad de cada máquina o área de la central por el propio equipo humano que se encarga de operarlo.

- Disponer de una base de datos y sistemas de información asociado que determinen y registren las demandas de trabajo correctivas o modificativas.
- Establecer para los trabajos en la central un orden de prioridad, según la gravedad y criticidad.
- Toda intervención se la debe realizar mediante la emisión de un documento (solicitud de trabajo) que permita informar y seguir toda intervención que se utilice sistemáticamente.

Herramientas y medios de prueba

- Preocuparse por aquellas herramientas o equipos especiales, como el TTR (Verificador de Relación de Transformación, por sus siglas en inglés), Megger (equipo inyector de voltaje para medir resistencia), etc., deben estar correctamente calibradas y con verificaciones periódicas. Y debe ser recogido en un procedimiento que identifica claramente la metodología a llevar a cabo, los criterios de recalibración, los métodos para actualizar la base de datos, los responsables jerárquicos y funcionales de estos trabajos, etc.
- Pensar que uno de los muy diversos puntos que identifica una buena organización, está reflejada en el hecho de que cada trabajador disponga de su herramienta básica. No nos referimos obviamente a ningún medio de prueba, verificación y calibración que sea de uso esporádico, sino más bien a herramienta portátil de muy usual utilización.

- Disponer con las características y celeridad precisa cuando exista operaciones de envergadura en las que se necesite grúas especiales, plataformas elevadoras, equipos especiales de mediciones eléctricas, etc., ya que estas utilizations son esporádicas o periódicas pero con frecuencia muy baja.
- Tener la suficiente autonomía y técnicos calificados para definir los requisitos técnicos de las nuevas herramientas que se van a necesitar. También que los técnicos de mantenimiento puedan realizar las investigaciones de mercado asociadas, las consultas técnicas oportunas, con independencia de que el proceso administrativo de compra final sea llevado a cabo o no.

Compra y logística de repuestos y equipos

- El tener de una bodega o almacén con su bodeguero para tender un pequeño repuesto, es un hábito que debe pasar a la historia. Lo usual es que aquellos elementos de uso habitual y que normalmente tienen un costo relativamente bajo, sean sacados directamente de la bodega por los propios operarios o mandos de mantenimiento; cumplimentando los partes de salida que corresponda y reflejando dicha salida en el sistema informático que se dispone, pero sin la intervención de otro persona para ello.
- El área de generación y mantenimiento debe poder acceder de forma ágil y fácil a una base de datos en la que se reflejen las existencias que se disponen.

- Implementar una codificación de los despieces de las diferentes máquinas, esto aportará una clara idea del grado de organización del departamento.
- Facilitar acuerdos o contratos concertados con proveedores de la zona, que puedan suministrar un gran número de elementos que se requieran para el servicio de mantenimiento en forma inmediata, dado que disponen de ellos en sus propios almacenes. En el caso de relés, magnetotérmicos fusibles, conductores, tornillería, etc., ya que la ciudad aún no representa una gran ciudad o núcleo industrial importante, lo que resulta poco difícil contar con proveedores concertados.
- Disponer de un sistema rápido y eficaz para la reparación de elementos que una vez desmontados por avería tengan que ser enviados a reparar a empresas externas especializadas, como pueden ser: tarjetas electrónicas, sensores de nivel, el rebobinado de generadores, la mecanización de alta precisión de piezas: deflectores, inyectoras, agujas; recuperación de álabes de turbina, etc., son muestras claras del tipo de actividades externas. Disponer de empresas de reparación próximas a la localidad y que dispongan de un sistema de transporte y dinámica reparatoria ajustada a las necesidades es lo óptimo.
- Agilizar los procedimientos administrativos y operativos para solicitar un repuesto, un servicio de mantenimiento, una reparación, etc.

Sistemas informáticos

A pesar de poseer un software de servicio de mantenimiento computarizado, la Empresa Eléctrica no hace uso en su totalidad para aprovechar los beneficios del mismo, ya que con este software u otro nos puede ayudar en el logro de la misión y visión de la empresa. A continuación se presenta lineamientos a tomar en cuenta y aplicarlos para este punto:

- La utilización de dicho software debe ser fácil y muy accesible para los usuarios en la navegación por las diversas pantallas de la aplicación, el acceso a su base de datos, el lanzamiento, anulación o cierre de una orden, etc., ya en algunos casos por la falta de capacitación en el manejo viene a complicarles la vida más que ayudarles como una herramienta de gestión.
- El sistema informático debe ser utilizado por los propios operadores, cerrando órdenes, imputando mano de obra y los repuestos, consultar la programación de mantenimiento, saber la estructura y codificación del parque de generación, etc., esto será un indicador de que la nueva aplicación importa realmente en el Departamento.
- La aplicación informática debe brindar una mayor agilidad en los procesos y una menor carga administrativa y burocrática. Si no es así se tiene algún error en la selección del paquete o aplicación informática y de la metodología con que se ha implantado.

- Plantearse la siguiente pregunta objetiva: ¿Tenemos más o menos trabajo con la aplicación informática? La respuesta debe ser puesta sobre la mesa de forma crítica y constructiva.

Finalmente, planteados estos lineamientos, le corresponde a la empresa el no muy fácil trabajo de aplicarlos, al inicio podrán parecer una simple teoría, pero a la final se nota los resultados y los beneficios.

La empresa debe valorizar al departamento de Mantenimiento en sus recursos humanos, técnicos y económicos, logrando la participación de todo el personal para la aplicación de los pocos lineamientos planteados además de aquellas medidas o lineamientos por parte de la empresa.

4.5 PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN DE UNA NUEVA FILOSOFÍA DE MANTENIMIENTO

Una de las filosofías que ayudará a la Empresa Eléctrica Riobamba S. A., a establecer procedimientos de mantenimiento apropiados que permitieran reducir los tiempos de parada por mantenimiento, reducir los costos e incrementar la seguridad de buen funcionamiento es el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, que proponemos como propuesta de mejora.

4.5.1 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (MCC)

El MCC sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias. Esta no es una fórmula matemática y su éxito se apoya

principalmente en el análisis funcional de los activos de un determinado contexto operacional, realizado por un equipo de trabajo. "El esfuerzo desarrollado por el equipo permite generar un sistema de gestión de mantenimiento flexible, que se adapta a las necesidades reales de mantenimiento, tomando en cuenta, la seguridad personal, el ambiente, las operaciones y la razón costo/beneficio". [3]

"La metodología MCC, propone un procedimiento que permite identificar las necesidades reales de mantenimiento de los activos en su contexto operacional, a partir del análisis de las siguientes siete preguntas" [3]:

1. ¿Cuáles es la función del activo?
2. ¿De qué manera puede fallar?
3. ¿Que origina la falla?
4. ¿Qué pasa cuando falla?
5. ¿Importa si falla?
6. ¿Se puede hacer algo para prevenir la falla?
7. ¿Qué pasa si no podemos prevenir la falla?

4.5.2 FASES DE IMPLANTACIÓN DEL MCC [3]

En la figura 48 se observa las etapas para implantar el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, en donde: "La herramienta principal de este tipo de mantenimiento lo constituye el Análisis de los Modos y Efectos de Fallas (AMEF), permitiéndonos la optimización de la gestión del mantenimiento, identificar los

problemas antes de que estos ocurran y puedan afectar o impactar a los procesos y productos en un área determinada, bajo un contexto operacional dado.

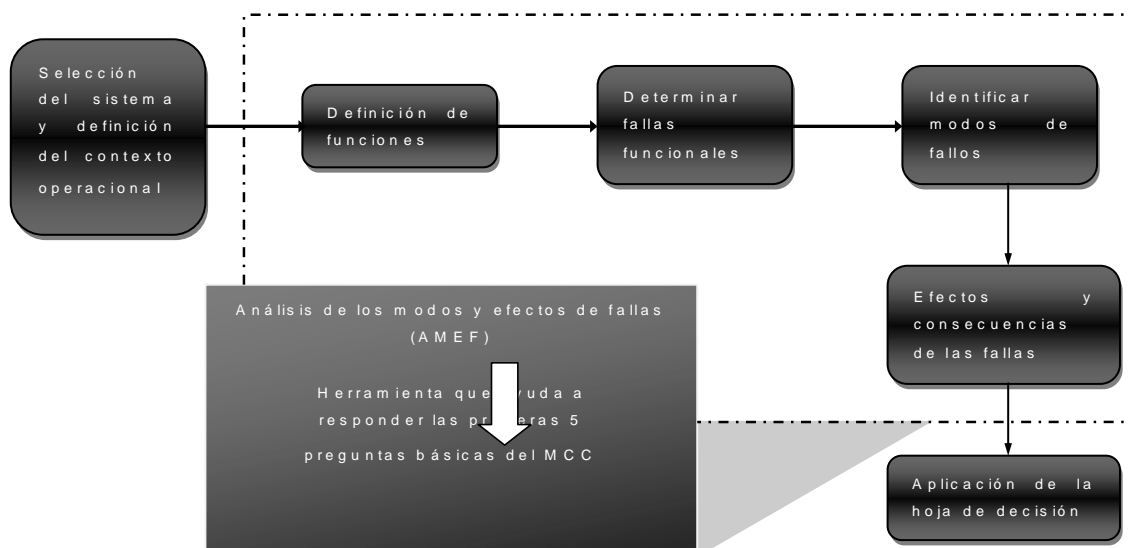


Figura 48.- Fases de implantación del MCC [3]

Fuente: "Auditoria del Mantenimiento Central Hidroeléctrica Alao" LATA; ZAVALA.

4.5.3 SELECCIÓN DEL SISTEMA

El sistema a seleccionar comprende cada uno de los grupos generadores, donde seleccionamos uno, debido a la similitud de sus funciones.

- Grupo de generación

4.5.4 FUNCIONES Y ESTÁNDARES DE EJECUCIÓN

En esta parte del proceso de implantación del MCC, el grupo de trabajo debe:

- Definir función y diferenciar los distintos tipos de funciones según el MCC.
- Aclarar los estándares de ejecución (operacionales) de cada activo.
- Registrar los estándares de ejecución esperados asociados a cada función.

4.5.5 FUNCIONES PRIMARIAS

Cada activo es puesto en servicio para cumplir eficientemente una función o varias funciones específicas, las cuales se conocen como funciones primarias y constituyen la razón de ser del activo, en este caso para el grupo generador su función es:

- Transformar energía mecánica en energía eléctrica, generando una tensión de 2400 V con una intensidad de 790 A y 2,624 MW de potencia.

4.5.6 FUNCIONES SECUNDARIAS

Son usualmente menos obvias que las funciones primarias, pero las consecuencias que podrían generar sus fallas pueden ser más serias que las consecuencias originadas por las fallas de una función primaria, hecho por el cual se justifica el invertir gran cantidad de tiempo y esfuerzo para su análisis con el fin de preservar el buen funcionamiento de este tipo de funciones. Estas funciones incluyen:

- Contención
- Soporte

- Apariencia
- Higiene y seguridad

Aplicado al grupo generador tenemos las siguientes funciones:

- Contener el caudal de $1,94 \text{ m}^3/\text{s}$ de agua que ingresa a la turbina (función secundaria de contención).
- Soportar los sistemas de conversión de energía: turbina y generador (función secundaria de soporte)
- Operar de forma segura y confiable en condiciones normales de operación (función secundaria de seguridad).

4.5.7 FUNCIONES DE PROTECCIÓN

Son las funciones de protección de los equipos, las cuales solo reaccionan cuando algo malo está ocurriendo, haciendo en la mayoría de los casos que el activo deje de cumplir con sus funciones principales. En la mayoría de los casos, el propósito de los equipos de protección será básicamente proteger en primer lugar al recurso humano de los posibles efectos de las fallas y en segundo lugar, a los activos (usualmente ambos casos). El estudio del grupo generador tiene las siguientes funciones de protección:

- Llamar la atención de los operadores mediante el monitoreo en la sala de mando: indicadores de nivel, valores eléctricos, protectores de sobrecarga y sobrevelocidad, sensores de vibración, indicadores de temperatura.

- Eliminar condiciones anormales que puedan causar daño mediante uso de equipos contra incendios, equipos de emergencia médica, elementos aislantes.

4.5.8 FUNCIONES DE CONTROL

El funcionamiento de los equipos de control consiste en tomar mediciones con dispositivos especiales, los cuales se encargan de captar señales (temperatura, presión, flujo, cantidad de compuesto, etc.) las cuales serán traducidas en valores específicos y comparadas con rangos normales de operación previamente establecidos, permitiendo de esta forma controlar y vigilar el buen funcionamiento de los distintos procesos. Para el grupo generador es el siguiente:

- Ser capaz de enviar señales de parada de equipo en el caso en los que los sensores eléctricos, presión, temperatura, vibración detecten anomalía en sus funciones.

4.5.9 FUNCIONES SUBSIDIARIAS

Funciones subsidiarias ocurren cuando un activo posee equipos adicionales ajustados a un particular y adicional proceso diferente del proceso principal. En otras palabras son funciones realizadas en el proceso principal por equipos especiales adecuados a procesos específicos que no están relacionados directamente con el producto final del proceso principal. El grupo consta de dos equipos importantes:

Excitatriz: Proporcionar corriente continua al rotor para inducir una fuerza electromotriz en los devanados del estator.

Regulador de velocidad: Controlar las rpm de la turbina

4.5.10 ESTÁNDARES DE EJECUCIÓN

El MCC define un estándar de ejecución como el parámetro que permite especificar, cuantificar y evaluar de forma clara la misión de un activo con respecto a la función que según la confiabilidad de diseño o la capacidad de diseño es capaz el activo de cumplir, o con respecto a la función que se espera (desea) que el activo cumpla dentro de un contexto operacional específico".

Entonces para nuestro estudio es el siguiente:

Estándar de ejecución de diseño del activo: Transformar energía mecánica en energía eléctrica, generando una potencia no menos de 2,624 MW de potencia.

Estándar de ejecución deseado del activo: Transformar energía mecánica en energía eléctrica, generando una potencia no menos de 2,6 MW de potencia.

4.5.11 FALLAS FUNCIONALES ASOCIADAS A CADA FUNCIÓN DEL ACTIVO

Se explicó como cada activo cumple una función o funciones específicas en un contexto operacional dado. El próximo paso que debe ser cubierto en el proceso de análisis de los efectos y modos de falla, es determinar cómo dejan de cumplir los activos sus funciones. La pérdida de una función es conocida por el MCC como una falla funcional.

4.5.12 DEFINICIÓN DE FALLA FUNCIONAL

Existen diversas definiciones de falla funcional sin embargo una de las más utilizadas en el sector de los procesos productivos es la siguiente: "Falla funcional es definida como una ocurrencia no previsible, que no permite que el activo alcance el estándar de ejecución esperado en el contexto operacional en el cual se desempeña, trayendo como consecuencia que el activo no pueda cumplir con su función o la cumpla de forma ineficiente"

4.5.13 NIVEL DE IDENTIFICACIÓN DE LOS MODOS DE FALLAS

El nivel al cual se gestiona el mantenimiento de un activo, se relaciona con el nivel al cual se identifica el modo de falla. Muchas veces el nivel al cual se identifica el modo de falla no corresponderá al nivel de detalle seleccionado para analizar el activo y sus funciones, por lo cual, para poder desarrollar un sistema de gestión de mantenimiento de un determinado grupo de activos en un contexto operacional, es necesario identificar el nivel al cual se producirán los distintos modos de fallas asociados a las funciones de un activo en su actual contexto operacional.

4.5.14 CONSECUENCIAS DE LOS MODOS DE FALLAS

El objetivo principal del grupo de trabajo MCC, en esta parte del proceso, consiste en identificar lo que sucederá en el contexto operacional si ocurriese cada modo de falla previamente identificado. La identificación de los efectos de fallas deberá incluir toda la información necesaria que ayude a soportar la evaluación de las consecuencias de las fallas. Para identificar y describir de forma precisa los efectos producidos por cada modo de falla, se ha respondido las preguntas de la siguiente figura:

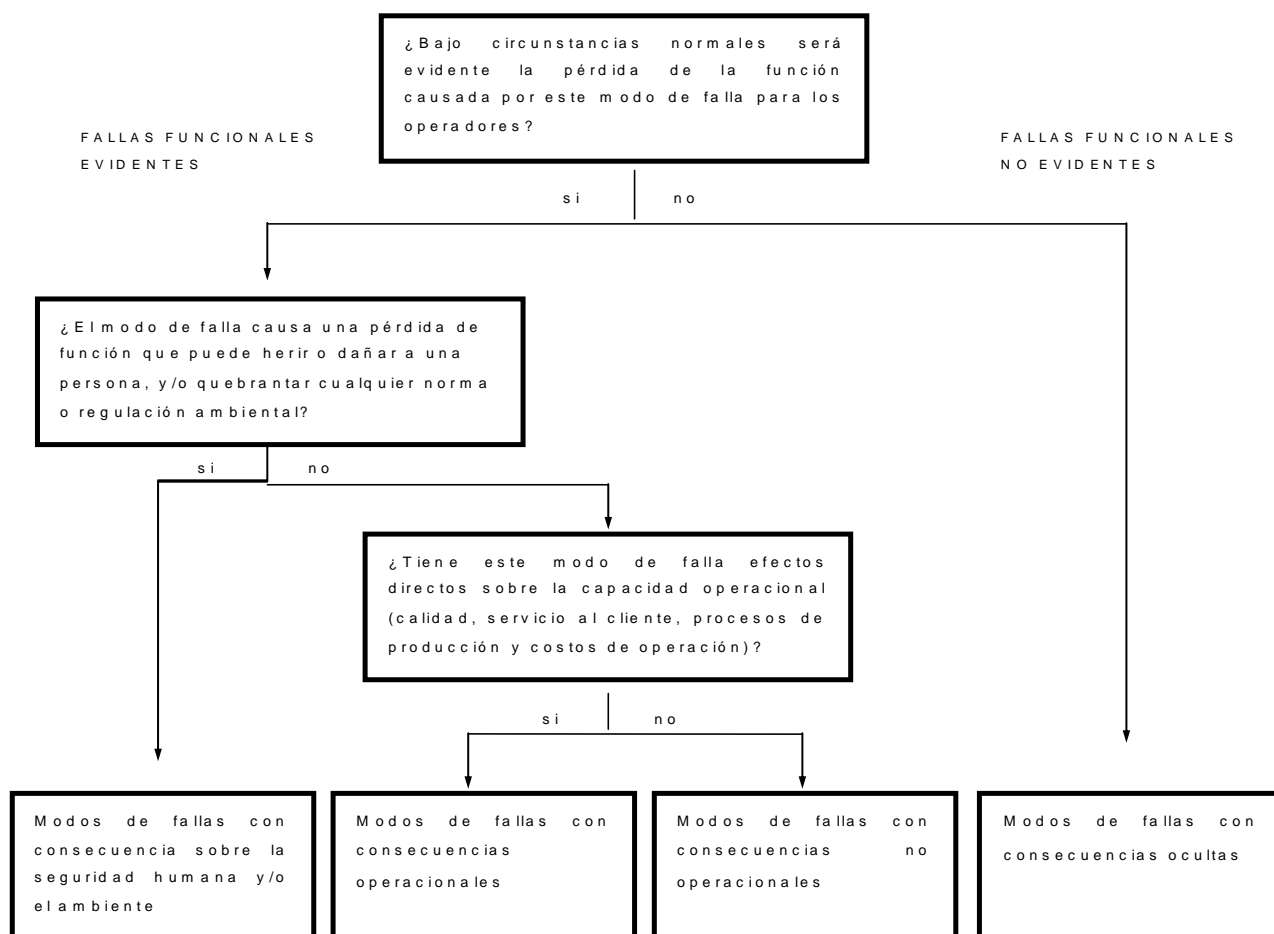


Figura 49.- Consecuencias de fallas funcionales [3]

Fuente: "Auditoría del Mantenimiento Central Hidroeléctrica Alao" LATA; ZAVALA.

4.5.15 SELECCIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

Una vez identificadas las consecuencias por cada modo de falla, el equipo de trabajo implicado debe identificar el tipo de actividad de mantenimiento, apoyándose en el árbol lógico de decisión del MCC.

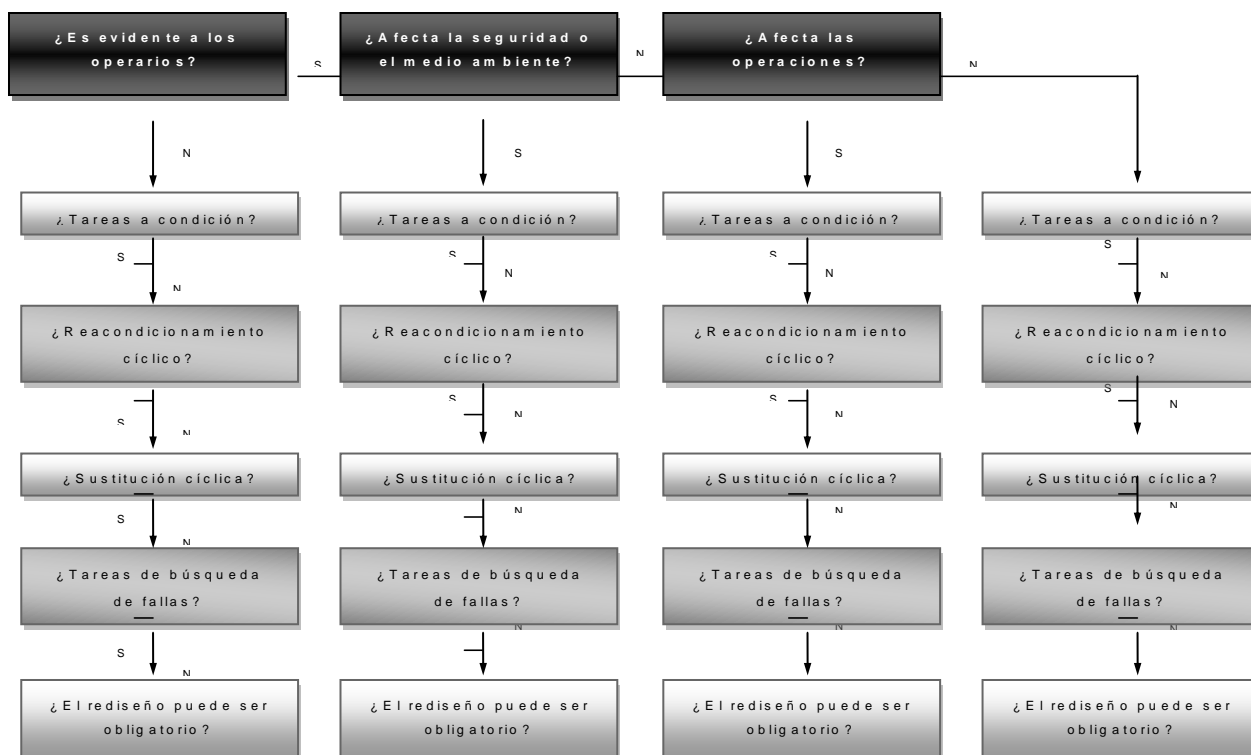


Figura 50.- Selección de actividades de mantenimiento [3]

Fuente: "Auditoria del Mantenimiento Central Hidroeléctrica Alao" LATA; ZAVALA.

La decisión a tomar de acuerdo a las preguntas anteriores son:

- Tareas programadas en base a condición
 - Tareas de reacondicionamiento
 - Tareas de sustitución – reemplazo programado
 - Tareas de búsqueda de fallas ocultas
 - Rediseño
 - Actividades de mantenimiento no programado
- }

Actividades Preventivas

Actividades Correctivas

4.5.16 APLICACIÓN DEL MCC

A continuación se presenta el análisis de consecuencia de fallos funcionales y las actividades de mantenimiento. **Tabla XXXX.- Aplicación del MCC**

ÍTEM: GRUPO GENERADOR							
FUNCIÓN		AMEF			PLAN DE MANTENIMIENTO		
TIPO DE FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN DE FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODOS DE FALLA	EFFECTOS DEL MODO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	TIPO DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA
	Transformar energía mecánica en energía eléctrica, generando 2.624 MW de potencia	El grupo generador deja de producir energía repentinamente	Descarga atmosférica	Consecuencia oculta	Revisión de estado de pararrayos y línea de guarda	Actividad preventiva	Anual
			Falta de agua	Consecuencia operacional	-	Mantenimiento no programado	-
			Sobrecalentamiento de devanados del generador	Consecuencia operacional	Inspecciones termográficas	Actividades preventivas en base a condición	Semestral
		El grupo generador produce menos de 2.624 MW de potencia	Bajo nivel de agua	Consecuencia operacional	Limpieza de canales y revisión de sensores de nivel	Actividad correctiva	Trimestral
			Obstrucción en inyectores	Consecuencia oculta	Limpieza	Actividades preventivas en base a condición	Trimestral
			Regulador de velocidad en mal estado	Consecuencia operacional	Lecturas de vibración, revisión de partículas en aceite del regulador, inspección de mecanismos de regulación.	Actividades preventivas en base a condición	Trimestral
			Desgaste en la turbina	Consecuencia operacional	Recuperación de superficie	Actividad correctiva	2 años
			Pérdida de aislamiento en rotor	Consecuencia oculta	Pruebas de aislamiento	Tareas programadas en base a condición	Semestral
			Carbones desgastados	Consecuencia operacional	Sustitución de carbones	Reemplazo programado	Semestral
	Contener el caudal de 1,94 m ³ /s de agua que ingresa a la turbina	Incapaz de poder controlar el caudal	Tubería con fisuras	Consecuencia sobre la seguridad humana	Mantenimiento con ultrasonido para medición de espesor	Tareas programadas en base a condición	Anual
			Pernos flojos	Consecuencia sobre la seguridad humana	Reajuste	Actividades preventivas en base a condición	Trimestral
			Válvulas de ingreso en mal estado	Consecuencia operacional	Revisión del sistema hidráulico y mecánico	Actividad correctiva	Anual
	Soportar los sistemas de conversión de energía: turbina y generador	No ser capaz de soportar los diversos equipos de generación	Desgaste en rodamientos	Consecuencia operacional	Análisis de vibraciones	Tareas programadas en base a condición	Anual
			Eje fracturado	Consecuencia operacional	Rediseño	Actividades correctivas	-
			Chaveta y/o chavetero desgastados	Consecuencia operacional	Reemplazo	Tareas de sustitución	2 años
	Ser capaz de prevenir daños a la central y al recurso humano	No ser capaz de soportar vibraciones	Turbina y/o rotor desalineados	Consecuencia operacional	Alineación y balanceo	Actividades preventivas en base a condición	2 años
			Paletas de turbinas desgastadas	Consecuencia no operacional	Recuperación y mejoramiento en material de paletas	Tareas de reacondicionamiento	2 años
			Anclaje en mal estado	Consecuencia no operacional	Reajuste	Actividades preventivas en base a condición	Trimestral
	Operar de forma segura y confiable en condiciones normales de operación	Incapaz de brindar seguridad y confiabilidad en la operación	Elementos de protección mecánicas y eléctricas en mal estado	Consecuencia oculta	Inspecciones termográficas	Actividades preventivas en base a condición	Semestral

Fuente: "Auditoría del Mantenimiento Central Hidroeléctrica Alao" LATA; ZAVALA.

Finalmente, hay que tener claro, que el proceso de implantación del MCC como cualquier otra tendencia de mantenimiento no traerá consigo resultados inmediatos, se podrá cuantificar y evaluar de forma segura y confiable en un

período de tres años aproximadamente. El presente trabajo debe ser un proyecto de largo alcance y con visión de futuro.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La Central Alao es una central de generación de tipo hidroeléctrica, perteneciente al subgrupo de agua fluyente o de pasada, en la que aprovecha las aguas del río Alao y Maguazo regulando su caudal en la bocatoma, precipitándola en el desarenador, conducida mediante canalización abierta y embaulada hacia el tanque de presión, y aprovechando el desnivel se acumula energía potencial en el agua para que en la tubería de presión e inyectores produzca energía cinética aprovechada por la turbina para producir energía mecánica, la misma que al estar acoplada al generador se produce una inducción electromagnética y lograr generar energía eléctrica.

- Las actividades de mantenimiento son del tipo preventivo y correctivo, debido a un programa anual y a fallos imprevistos respectivamente.

- La organización del Área de Generación está conformada por un Jefe de Generación, un Jefe de Mantenimiento, Asistente de Ingeniería; los mismos que tienen a su cargo a operadores (Tableros de control), guardias y personal que se encarga de controlar los niveles de caudal (Bocatoma y Tanque de presión).

- El análisis de criticidad de las áreas de la Central Alao, nos permite saber que impacto produce en la generación eléctrica en caso de fallar el equipo analizado. La mayoría de equipos críticos los encontramos en la casa de máquinas y subestación, sin descartar la conducción de agua, ya que un taponamiento de canal paraliza toda la generación.
- La fiabilidad práctica resulta dar un 86% de fiabilidad de los grupos generadores, es decir tienen una probabilidad de trabajo sin fallo de 86%, y de un 14% de probabilidad de trabajo con fallo. Para el otro análisis de fiabilidad se realizó utilizando datos estadísticos de los 4 últimos años, con una distribución de vida del tipo Weibull.
- La Mantenibilidad de acuerdo al resultado se considera que los grupos son "Altamente mantenibles" que representa que el esfuerzo asociado a la restitución de sus funciones es bajo.
- La Disponibilidad según el análisis proyectó un promedio de los 4 grupos en los 4 últimos años de 92,98%. Es decir que de las 8760 horas que deben estar operativos todo el año, 615 horas no están generando.
- El análisis del parámetro de forma β que nos indica la etapa de vida se encuentra según la Curva de Davies, que resultó estar en la III fase que es lo correcto si recordamos el tiempo promedio de funcionamiento que es de 36 años de los grupos generadores.

- De acuerdo a estudios realizados del año de 1983 en donde los equipos se encontraban en plena vida útil, se puede determinar que en estos últimos 4 años de estudio existe una notable disminución de agua en las cuencas que alimentan a la central recurso hídrico muy importante para la generación de energía hidroeléctrica.

- El cuestionario auditorio determinó que los siguientes bloques obtuvieron una baja puntuación (menor al 50% permisible), por lo que fueron objetos de mejora: Compra y logística de repuestos y equipos, Control técnico de instalaciones y equipos, Métodos y sistemas de trabajo, Gestión de la carga de trabajo, Sistemas informáticos y Herramientas y medios de prueba.

- El estilo de gestión del mantenimiento en la empresa es el tipo orgánico, en donde existe predominio de la actividad y preponderancia del interés general, este análisis está basado en dos valoraciones que son: el nivel de integración de las personas y el grado de permisividad.

5.2 RECOMENDACIONES.

- Un lineamiento mejorativo constituye la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad que permite saber: los diversos tipos de funciones del activo, las maneras en que puede fallar, las causas y consecuencias de las fallas y que se puede hacer para prevenirlas.
- Disponer en el organigrama estructural el nivel correspondiente a Jefe de Mantenimiento al mismo nivel del Jefe de Generación y con el servicio de un profesional en Ingeniería de Mantenimiento, debido a la importancia de estas actividades que aseguran el buen funcionamiento de los equipos generadores, ya que en el caso de que fallen paralizan la generación eléctrica que es un servicio imprescindible para la humanidad.
- La empresa debe profundizar en la definición de indicadores, establecer sistemas de seguimientos de los mismos y de sus tendencias, implantar métodos para analizar las variaciones, sus causas, la eficacia y eficiencia de las medidas adoptadas.
- La mejor forma de valorizar al Departamento de Mantenimiento, a sus trabajadores y las actividades, es la de implicarles y capacitarles en las nuevas tendencias organizativas y empresariales, inculcando la necesidad de fomentar la mejora de la organización y de la rigurosidad de los planteamientos, propuestas y toma de decisiones.

- Marcar objetivos de mejora y metas comparándose con los mejores, lo que se llama en Mantenimiento "El Benchmarking".

- Concienciar a los directivos de la empresa sobre la importancia del servicio de mantenimiento, para lograr una correcta asignación de recursos humanos, técnicos y económicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GONZALEZ, F.// Auditoría del Mantenimiento e Indicadores de Gestión.// España:/ Fundación CONFEMETAL./2004

- [2] ZAVALA W.// Fiabilidad de Maquinas.// Riobamba:/ ESPOCH./ 2004.

- [3] CORFO PYM.-// Manual del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad – RCM.// Facilitador Ing. José Kum ./ Ambato:/ 2006

- [4] TAVARES, A.// Administración Moderna del Mantenimiento.// 2ª Edición./ México:/ 2002

- [5] OLADE. // Manual latinoamericano y del Caribe para control de pérdidas eléctricas.// Colombia:/1990.

- [6] MADRUGA, Emir.// Mini, Micro y pequeñas centrales. Hidroeléctricas.// Comisión Nacional de energía” CUBA:/ 1988

BIBLIOGRAFÍA

GONZALEZ, F.// Auditoría del Mantenimiento e Indicadores de Gestión.//

España:/ Fundación CONFEMETAL./2004

MOROCHO, M.// Programación del Mantenimiento.// Docucentro ESPOCH.-

Ecuador.- 2003

MOUBRAY, J.//Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.//2ª

Ed.//Butterworth.H:/ 2004

OLADE, // Manual latinoamericano y del Caribe para control de perdidas

eléctricas.// Colombia:/ 1990.

PARDO, Rafael.// Turbinas Hidráulicas.// 1ª Edición:/ 1988

RAMÍREZ A.// Tecnología de la Prevención.// Primera edición.// ESPOCH.-

Ecuador.- 2004

TAVARES, A.// Administración Moderna del Mantenimiento.// 2ª Edición./

México:/ 2002

ZAVALA W. // Fiabilidad de Maquinas.// ESPOCH.// Riobamba./ 2004.

L I N K O G R A F I A

Auditoria del M antenim iento en C entrales H idroeléctricas

<http://www.gestiopolis.com>

2008-06-12

Índices del M antenim iento de C lase M undial

<http://www.solomantenimiento.com>

2008-06-15

Teoría sobre M antenim iento

<http://www.wikipedia.com>

2008-07-25